REHABILITACIÒN URBANA EFICIENTE

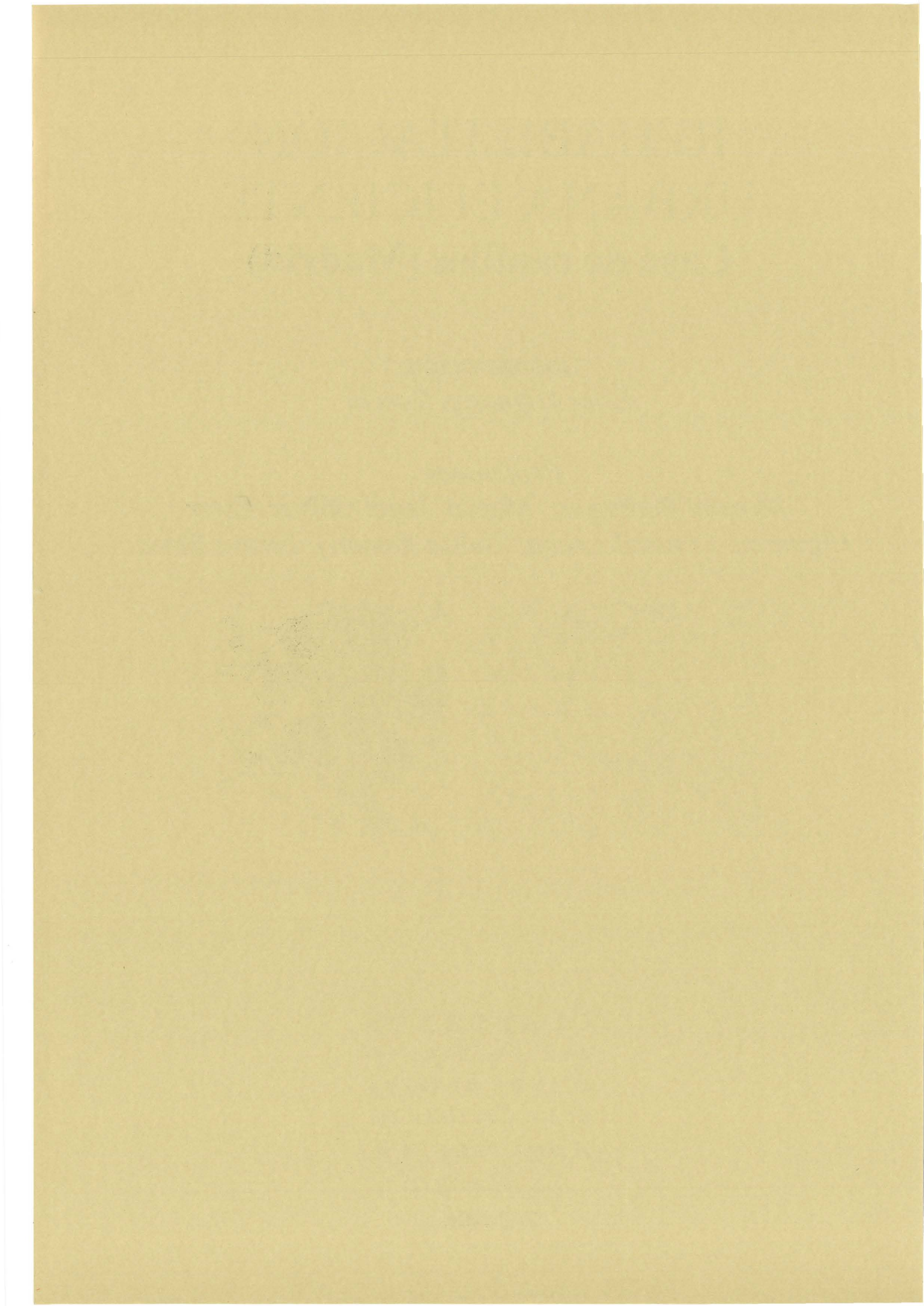
Caso de canillas (Madrid)

Coordinación:
Ester Higueras García

Profesores:
Manuel Rodríguez, Miguel Angel Gálvez, Ester Higueras, Consuelo Acha, Emilia Román y Teresa Eiroa.



CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID
7-24-06



REHABILITACIÒN URBANA EFICIENTE

Caso de canillas (Madrid)

Coordinación:
Ester Higueras García

Profesores:
Manuel Rodríguez, Miguel Angel Gálvez, Ester Higueras, Consuelo Acha, Emilia Román y Teresa Eiroa.

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID
7-24-06

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA

NUMERACIÓN

2 Área
51 Autor
09 Ordinal de cuaderno (del autor)

0 VARIOS
1 ESTRUCTURAS
2 CONSTRUCCIÓN
3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS
4 TEORÍA
5 GEOMETRÍA Y DIBUJO
6 PROYECTOS
7 URBANISMO
8 RESTAURACIÓN

Rehabilitación Urbana Eficiente

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Gestión y portada: Nadia Soddu.
CUADERNO 305.01 / 7-24-06
ISBN: 978-84-9728-333-5
Depósito Legal: M-27039-2010

REHABILITACIÓN URBANA EFICIENTE:
EN CANILLAS, MADRID SOLAR VILLAGE.

Objetivo:
Se trata de mejorar las condiciones urbanísticas de la ciudad consolidada y de los edificios que la conforman: mejorando la eficiencia energética de sus edificios, de las redes de abastecimiento y suministro y redactando una ordenanza bioclimática, que introduzca criterios de eficiencia y aprovechamiento bioclimático en la edificación.

Dirección y coordinación:
Ester Higueras García, coordinadora del módulo urbanístico del MayAB-UPM.

Profesor Titular del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio. ETSAM-UPM. Profesorado, especialistas, expertos y profesores de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Profesores:
Manuel Rodríguez, Miguel Angel Gálvez, Ester Higueras, Consuelo Acha, Emilia Román y Teresa Eiroa.

INDICE:

TEMA 1: El ciclo urbano del agua

Profesor: Manuel Rodriguez

1. Un recurso limitado

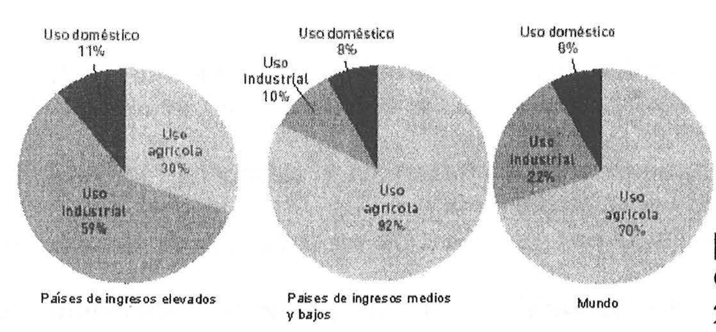
El agua como elemento imprescindible ligado a la vida, presenta síntomas alarmantes de deterioro en su *"ciclo natural"* de transformación y regeneración. Este proceso continuo de precipitaciones, escorrentía, depósito, evaporación, evapotranspiración y nuevamente precipitaciones, se ve gravemente amenazado por la actividad humana. En efecto, el hombre interviene de manera poco sensible en la explotación del recurso, habiendo pasado esta de una extracción prácticamente exclusiva para sus necesidades, a una explotación masiva para diversas actividades productivas de tipo industrial, agrícola o lúdicas y desentendiéndose de la responsabilidad del diferencial de calidad de agua tomada y aquella que devolvemos. Esto en lo que se refiere a nuestra interferencia directa sobre el citado ciclo natural del agua, además, estarían las consecuencias indirectas derivadas de nuestra actividad sobre el planeta que están produciendo variaciones importantes por ejemplo, en los episodios de lluvias tanto en su intensidad como en su estacionalidad.

A su vez, el deterioro general tanto de la calidad como la merma de la cantidad de los volúmenes de agua disponibles en el planeta, deterioran cada vez más, el delicado equilibrio establecido entre el resto de la fauna y la flora y dichas reservas de agua.

El agua disponible en el planeta se reparte aproximadamente en un 97% en mares y océanos un 3% como dulce en lagos, cauces y glaciares y casquetes polares. Estos últimos representan más de un 2,997% del total por lo que el agua potable fácilmente accesible se limita a un 0,3% del total. Si bien el volumen sería suficiente, el problema radica en la distribución que presenta dos discontinuidades, una espacial y otra temporal. La espacial hace referencia a la distinta disponibilidad del recurso en función de la localización geográfica, así un habitante de Islandia cuenta con 685.000 m^3 de agua por año, mientras que en Egipto sólo dispone de 20 m^3 por año. La discontinuidad temporal consiste en la irregular distribución de las precipitaciones a lo largo de un periodo de tiempo concreto. A lo largo de un año hablamos de estaciones más lluviosas o más secas pero también nos referimos a periodos mayores como años especialmente lluviosos o de gran escasez de precipitación.

Si bien es cierto que las cifras importantes en cuanto a volumen de agua "usada" se deben sobre todo a las actividades agrícolas (un 65% del total) y en especial a los sistemas de riego más insolidarios con el recurso (inundación, etc) lo que más nos afecta como ciudadanos, son las consecuencias que sobre el agua tienen las actividades urbanas. La ciudad es un gran "digestor" de recursos, el agua es sin duda, uno de sus catalizadores principales. Su abundancia (o eso creemos) y su bajo precio, la hacen presente en las más variadas funciones de nuestra actividad cotidiana. Tanto es así que atendiendo a la participación del agua dentro de la actividad urbana podríamos hablar de un *"ciclo urbano"* del agua. Este ciclo, a diferencia del ciclo natural antes descrito, es mucho más rígido en sus demandas constantes, inalterable prácticamente a la localización y a la estacionalidad, de tal manera que cualquier ciudad se comportará de manera muy semejante a lo largo del mismo año natural y más allá de su posición geográfica. Si que influye el nivel de desarrollo de la sociedad a la que pertenece, en cuanto a las cantidades de agua consumidas por sectores y a la calidad de sus vertidos, pero no tanto a la trayectoria previsible de la evolución de sus demandas.

Es la superposición de este ciclo urbano frente al delicado ciclo natural del agua lo que está produciendo los evidentes síntomas de estrés hídrico en los recursos del planeta.



[Fuente]: Extraído del Resumen Ejecutivo Oficial del Informe (WWDR). Banco Mundial, 2001. Washington DC.

2. El ciclo urbano del agua

Del estudio de los diferentes usos urbanos del agua podremos establecer unas calidades de agua asociada a cada uno de ellos. Debemos conocer además los volúmenes consumidos en cada uno de estos grupos. En principio podemos hablar de las siguientes calidades de agua:

- **Uso doméstico:**
  - *Agua potable*
  - *Agua no potable:*
    - *Agua clara*
    - *Agua de riego privado*
- **Aguas industriales**
  - Agua potable.
  - Agua técnica. Para procesos industriales
- **Aguas de espacios públicos urbanos**
  - Agua riego de zonas verdes públicas.
  - Agua de limpieza o baldeo
  - Agua ornamental. Fuentes, lagos, etc..
- **Aguas de riego agrícola**

En cuanto a la recogida de agua y su evacuación, la estrategia distinguiendo entre las diferentes calidades de agua la siguiente:

Aguas residuales más contaminadas:

- Recogida de manera independiente y traslado a las centrales de depuración para obtener agua en condiciones idóneas de vertido al medio natural y subproductos susceptibles de aprovechamientos energéticos o de nutrición de suelos (con dudas sobre esto).
- Desarrollo de programas de investigación que aclaren las consecuencias sobre el suelo natural tiene la utilización de abonos procedentes de estas plantas de tratamiento y las posibles consecuencias para la salud de las personas el consumo de productos agrícolas procedentes de las plantaciones que los utilizan.

Aguas residuales menos contaminadas

- Favorecer la implantación en edificios de un segundo ciclo para estas aguas. Se trata de almacenarlas y tratarlas(a escala de edificio o escala urbana) sin llegar a una calidad de agua potable pero si hasta un nivel que se llama de *"agua clara"* o *"agua regenerada"*. Aprovechar estos caudales que en lugar de ser vertidos o antes de ser vertidos, a la red de residuales, pueden aprovecharse para otros usos:
  - servir de efluente en el arrastre de los residuos fecales en sustitución del agua potable con la que cargamos las cisternas.
  - Utilización en diferentes usos de limpieza de edificios y espacios urbanos públicos y privados
  - Riego de zonas verdes públicas y privadas
- Conviene aquí actuar con la máxima prudencia y desarrollar sistemas que impidan el acceso incontrolado a esta nueva red de agua que ha de ser totalmente inaccesible al consumo humano.

Aguas de lluvia

En este apartado el objetivo principal ha de ser *fomentar la infiltración al subsuelo de la mayor parte posible de las aguas de precipitación.* Si reducimos la captación los beneficios son evidentes:

- Devolvemos una mayor cantidad de agua de manera inmediata al subsuelo, manteniendo los caudales de escorrentía subterránea propios del lugar.
- Disminuimos el arrastre del agua de lluvia por los espacios urbanos motivo este de su mayor carga de contaminación.
- Reducimos la conducción de grandes caudales con su posterior tratamiento de depuración.

Conseguiremos estos beneficios:

- Cuidando el grado de permeabilidad de los pavimentos urbanos. Existe un valor llamado "*coeficiente de escorrentía*" que identifica la cantidad de agua que no es absorbida por el suelo y discurre por la superficie del pavimento. Se expresa en tanto por uno y va desde el cero (teórica permeabilidad total) hasta el uno para suelos totalmente impermeables. Matizar que además de las propiedades del material, influye también el sistema de ejecución y resolución de la junta para pavimentos por piezas y la duración de las precipitaciones así como la pendiente de la superficie a evaluar.
- Disponiendo elementos filtrantes de forma regular a lo largo de las diferentes zonas urbanas, incluso intercalándolas en los espacios de pavimento más impermeable como calles, plazas, etc.
- Diseño de una estrategia de almacenamiento en el territorio con los siguientes objetivos:
    - Contener tras grandes precipitaciones, los volúmenes de agua que el suelo es incapaz de absorber, dosificando su posterior infiltración al subsuelo
    - Aplicación de sistemas de depuración por lagunaje a una parte de los caudales disminuyendo el volumen a tratar por sistema convencionales
    - Establecer una red de depósitos de tormenta que retengan las grandes avenidas de agua y los primeros caudales del aguacero, que son los más contaminados y los que requieren un tratamiento especial de depuración antes de su vertido.
    - Complementar los caudales de aguas claras o recicladas para los usos antes descritos, con agua de lluvia cuando sea necesario. Esta reutilización será siempre parcial y la mayor parte se procurará devolver cuanto antes al terreno.

3. Disposición de las redes

Las diferentes infraestructuras e instalaciones que transforman un espacio natural en un espacio urbano tal y como lo conocemos, son una realidad física que ocupa un lugar en el nuevo medio urbano generado, que en función de su buen diseño, mejorará el funcionamiento de los servicios que transporta y la eficiencia de los recursos que gestiona.

Las distintas redes (incluidas las de agua) que ocupan un espacio físico y cualifican a aquel como espacio urbano se organizarán en todo su recorrido sobre una banda de espacio público, preferentemente en el espacio acera:

Las diferentes redes a incorporar serán entre otras las siguientes:

- Trazado de viales. Proporción y diseño.
- Suministro y distribución de agua potable y contra incendios
- Redes diferenciadas de distribución de agua para riego y otros usos.
- Alcantarillado urbano:
    - Sistemas unitarios
    - Sistemas separativos
    - Sistemas seudoseparativos.
- Alumbrado público vial y alumbrado de otros espacios urbanos.
- Red de suministro de Energía Eléctrica en Media Alta tensión MAT
- Red de distribución de Energía Eléctrica en Baja Tensión BT
- Suministro y distribución de gas natural
- Infraestructura de Telecomunicaciones
- Tratamiento de R.S.U. Sistema de recogida selectiva y Transporte neumático de Basuras

- Sistemas Energéticos. Redes de distribución de calefacción y refrigeración.
- Energías renovables
- Redes de control de emisiones y calidad del aire
- Redes de control del nivel de contaminación acústica

La implantación de redes y sus necesarios elementos singulares se realiza para prestar un servicio público por lo que tienen que discurrir por espacios públicos exclusivamente y dejar resuelta la conexión con todas y cada una de las pasarelas edificables o de cualquier tipo de equipamiento privado o público. Caso distinto, será el de aquellos sistemas de apoyo, principalmente energéticos, que se avecinan como obligatorios pero a nivel particular y que deberán incorporarse individualmente en cada edificación (Paneles energía solar térmica).
Se establece como premisa el que ninguna red debe discurrir encima de otras, si podrán obviamente, cruzarse y con carácter general se establece una separación de unos 20 cm. en planta medidos desde la generatriz exterior de los conductos correspondientes y de 10 cm. mínimo en cruces.
La anterior premisa debe completarse con otra tan elemental como el que la mejor solución es técnico-económica, por lo tanto los itinerarios a establecer para el recorrido de las redes, en principio preferirán el esquema espina de pez al esquema peine; el primero en espina de pez, facilita la distribución del servicio a ambos lados de la red, mientras que el esquema en peine tiene la mitad de eficacia en distribuciones.

4. La red de distribución de agua potable

Captación, transporte y distribución

Según el origen de las aguas utilizadas, las captaciones se pueden catalogar en dos grupos:

- Captación de aguas superficiales:
  - De aguas pluviales (muy excepcionalmente).
  - De ríos, arroyos, ramblas, regatas, etc.
  - De canales.
  - De lagos.
  - De embalses.
- Captación de aguas subterráneas

Calidad agua potable

Los parámetros básicos que se han de controlar en toda la red de distribución de agua con calidad de potable son los siguientes:

- **Dureza:** Es el contenido de sales solubles (de calcio y magnesio) en el agua. Se mide en grados hidrotirnétricos (ºTH). Se considera ideal con 15°TH; a partir de 30ºTH es necesario el tratamiento, pues el exceso de dureza produce incrustaciones calcáreas. especialmente en las redes de ACS. Sin embargo, para uso humano se podría llegar hasta 50ºTH.

- **Alcalinidad:** también se denomina grado de neutralidad; se mide por el pH. y para ser potable estará comprendido entre 6.5 ... 9.2 (la neutralidad es pH = 7). Son más ácidas (pH<7) las aguas procedentes de montañas rocosas, no calizas, y tienden a disolver los metales de las tuberías.

- **Salubridad:** Como medida sanitaria contra microorganismos indeseables. se puede adicionar cloro (sistema ya cuestionado con alternativas como el ozono). del cual se admite un contenido de 2 a 3 mg de cloro por dm3 de agua.

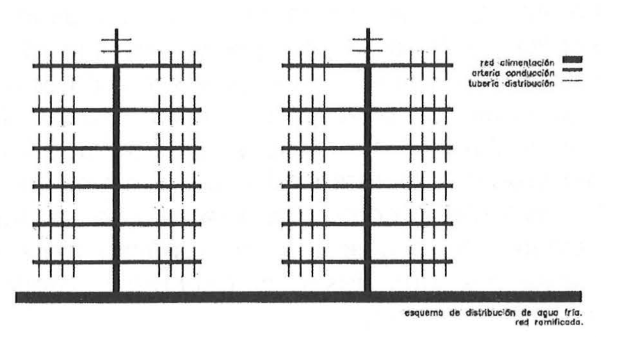
Morfología de las redes de distribución de agua

La morfología de los sistemas de distribución puede reducirse a dos fundamentales y su combinación:

- Red ramificada
- Red mallada
- Red mallada-ramificada

Red ramificada

La red se organiza con forma de árbol, jerarquizándose las ramas de mayor a menor consumo en el sentido que circula el agua. Se utilizan casi exclusivamente en poblaciones menores de estructura alargada y número pequeño de usuarios (< 500).



Ventajas:

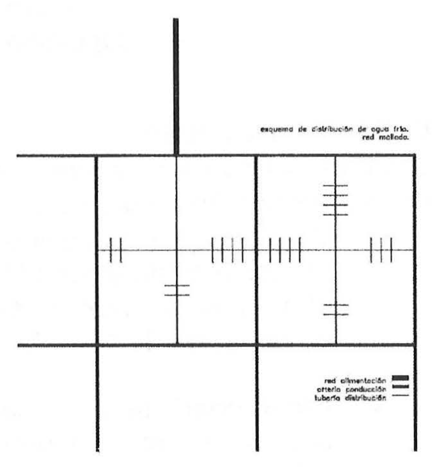
- Configuración elemental
- Economía de la instalación y el mantenimiento

Inconvenientes:

- Poca seguridad, el agua circula siempre en una única dirección, no se pueden dar alternativas en caso de avería.
- Mayor riesgo de producirse estancamientos, con las posibles implicaciones en las condiciones sanitarias del agua.

Red mallada

Es el tipo de conducción que se cierra sobre si misma adosándose a su vez unos anillos sobre otros. A diferencia del sistema anterior el agua puede circular en ambos sentidos en función de la demanda.



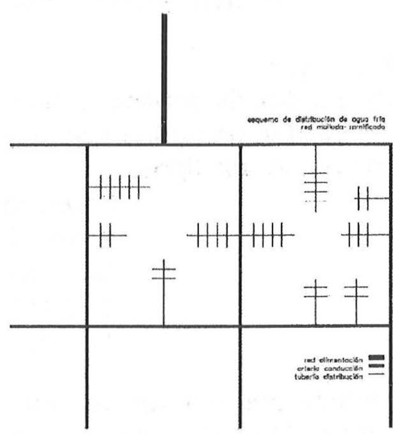
Ventajas:

- Gran seguridad de servicio. Recorridos alternativos en caso de avería
- Se evitan los estancamientos de agua
- Reparto mucho más equilibrado de las presiones.
- Son redes más flexibles y adaptables a cambios y ampliaciones futuras
- Se adaptan muy bien a las tipologías actuales dispuestas principalmente sobre tramas ortogonales o seudoortogonales.

Inconvenientes:

- Mayor longitud de las conducciones y en consecuencia un mayor coste de implantación.
- Cálculo hidráulico más complejo.

Red mallada-ramificada
Es la combinación de los dos modelos anteriores correspondiendo los anillos cerrados a la arteria de distribución y los tramos ramificados con las tuberías de distribución, como terminales de la red.
Será habitualmente el sistema a emplear permitiéndonos disponer de las ventajas de cada uno de los tipos y eludiendo sus inconvenientes.



Tuberías y conducciones
La distribución de agua potable, se realiza mediante tuberías de diferentes materiales, cuya finalidad última es garantizar la impermeabilidad tanto de las aguas conducidas, como a las aguas exteriores que pudieran producirse y contaminar el interior. También han de resistir tanto las acciones interiores como exteriores de todo tipo: acciones mecánicas, agresividad del agua conducida, o del terreno, corrosión etc.
Otra característica importante a considerar, se refiere a la rugosidad interior de estas tuberías o conductos, pues es este un elemento determinante a la hora de valorar las pérdidas de carga y capacidad del conducto.
Materiales a emplear y sus características

- Tuberías de acero: La unión de los tubos de acero se efectuará normalmente por soldadura (por enchufe o a tope) ó mediante unión por bridas.
- Tuberías de fundición: La realización de las juntas puede ser de varios tipos
- Tuberías de hierro galvanizado: Se utilizan para pequeños diámetros inferiores a 165 mm. La Junta se efectúa normalmente roscada, del tipo enchufe y cordón interponiendo un anillo de estopa o goma para conseguir la estanqueidad necesaria.
- Tuberías de hormigón: Para tubos moldeados en taller solo presiones inferiores a tres atmósferas. Si la tubería tiene un alma de palastro podrá utilizarse el sistema de enchufe.
- Tuberías de hormigón precomprimido.
- Tuberías de fibrocemento.
- Tuberías de polietileno y otros plásticos (precaución)

Accesorios
Los accesorios principales en la red de distribución son los siguientes:

- Válvulas. Normalmente de compuerta o mariposa. Se colocarán para aislar los tramos previstos según posibles averías o reparaciones, así como por condiciones de mantenimiento o explotación.
- Ventosas. Colocadas en los puntos altos de la red con el fin de garantizar la eliminación del aire.
- Desagües. Situados en los puntos bajos de la red o de cada uno de los tramos previstos para ser aislados. Su misión es el vaciado de dicho tramo y

deberán disponer de un punto de evacuación con conexión a la red de saneamiento.

- Medidores de presión y de caudal. Dispuestos en distintos puntos de la red para la toma de esos datos y muestras en general. (ver detalles)

Todos los accesorios anteriormente citados, se deben situar para facilitar su inspección en arquetas de registro con dimensión suficiente, no solo para albergar a los mismos, sino para permitir las maniobras de montaje y desmontaje de los mismos.

Hidrantes

Son puntos de servicio con tomas de agua que se utilizan en caso de incendio. Habría que valorar que calidad de agua se suministra en estos puntos.

Existen de dos tipos:

- Enterrados: de forma semejante a las bocas de riego, con arqueta y única salida. Los diámetros normalizados de las bocas son 70 mm. y 100 mm.
- De columna: pueden ser de dos diámetros, cada uno de ellos provistos de tres salidas: el tipo de 80 mm. con una salida de 70 mm. y dos de 45mm; el tipo de 100mm. una salida de 100 mm. y dos de 70mm.

Además pueden ser de dos formas, de columna húmeda, que disponen de válvula de corte en cada salida y de columna seca (en zonas de bajas temperaturas); La válvula de corte se acciona con dispositivo en la parte superior y cierre en la parte inferior. Cualquier punto de la fachada de un edificio a nivel de rasante no distará más de 100m de un hidrante.

Red de riego

Se hace imprescindible la incorporación de una red diferenciada para el riego. Como hemos visto en la introducción, este apartado consume una gran parte de los caudales totales urbanos. Esta red independiente nos permitirá utilizar para este uso concreto un agua de calidad diferente a la potable, siempre con los imprescindibles controles sanitarios y de acceso a la red.

A esta red se podrían vincular otros usos susceptibles de emplear esta calidad de agua como por ejemplo limpieza de calles fuentes ornamentales, etc.

Criterios básicos para el cálculo de las redes de abastecimiento

El cálculo de la demanda o caudal máximo se realiza de acuerdo con:

$$Q_{max} = \frac{K_p \, xDxN}{86.400}$$

Donde:

Q max= expresado en l/s

Kp = es el coeficiente punta que oscila de 3 a 5 (diversidad en los usos).

D= es la dotación en l/persona y día de 150 a 300 l. persona día

N= es el número de personas

El coeficiente punta Kp significa que la dotación estimada D, no se consume de forma regular a lo largo de las 24 horas del día, sino que hay pautas de consumo y es en esa pauta donde la red ha de estar calculada para dar el servicio en las condiciones indicadas para suministrar el caudal adecuado y a la presión necesaria preestablecida.

El valor de Kp depende fundamentalmente del tipo de urbanización de que se trate; la llamada ciudad dormitorio es la tipología de barriada donde el coeficiente punta debe asignarse el máximo valor 5; la ciudad diversa la de valor mínimo 3; pero en raras excepciones valores inferiores, pues hay que entender que hay periodos de la noche en que el consumo es prácticamente nulo.

Formulado el cálculo del caudal según hemos visto, la ecuación de continuidad nos permite obtener una sección estricta que hemos de ajustar a valores comerciales:

$$Q = V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$$

5. La red de alcantarillado

La red de alcantarillado, como hemos dicho, discurrirá por el sistema de espacios públicos, por el viario y preferentemente por el lado acera. La justificación en este sentido es clara, no penalizamos la movilidad urbana en las reparaciones y no tendremos que considerar grandes esfuerzos mecánicos sobre la tubería en su implantación.

La Red de alcantarillado corresponde a un esquema de red eminentemente ramificada y registrable para poder desatascarla y repararla; se compone básicamente de tramos rectos de tubos u ovoides que empiezan y terminan en elementos singulares llamados pozos de registro que permiten como su mismo nombre indica registrar la red por tramos y proceder a su conservación (desatascado, limpieza y cualquier otra operación de reparación).

La red así descrita se completa con otras subredes que terminan en los pozos de registro, lugar donde se incorpora al sistema de alcantarillado cualquier tipo de agua, albañales de solares edificables o escorrentía de lluvia subredes en este caso que se inicia en los sumideros o imbornales situados en el viario. Los tramos rectos no deben acoger ningún tipo de conducto; y cualquier quiebro precisa de un pozo de registro; tales quiebros deben ser en ángulos mayores de 90º.

Finalmente señalar que la profundidad a la que debe discurrir será la máxima con relación a cualquier otra red, con carácter general se establece mayor de 1m en tramos con tráfico rodado y mayor a 60 cm. en tramos peatonales. Sería deseable proponer una profundidad que permita la evacuación desde el primer sótano de los edificios a que va a servir; cota esta muy difícil de lograr para todos los edificios previstos, pero es una orientación razonable.

Fundamentalmente las aguas circulan por gravedad y en lámina libre, excepcionalmente deberá considerarse algún tramo en impulsión, con objeto de reducir a ser posible a un solo punto el lugar de vertido.

Sistema unitario y sistema separativo

Se establece esta clasificación, en función de la solución que se dé a la evacuación de los distintos tipos de aguas:

Sistema separativo

Es aquel en el que las aguas pluviales y las residuales se recogen y transportan, por conducciones diferentes. Si bien es un sistema más costoso en su implantación, optimiza los costes de depuración y facilita el reciclado de las aguas pluviales. Permite en todo caso, reintegrar las aguas de lluvia, a los cauces naturales con un mínimo tratamiento si se hace al final de la línea o hacer vertidos parciales a lo largo de su trazado.

Ambos tubos se pueden disponer en la misma zanja, con el consiguiente ahorro económico y así mismo, puede contemplarse la posibilidad de que el conducto de escorrentía, discurra en superficie con cauce abierto (cunetas, canales, caces etc.), esto obligará a pendientes discretas en el trazado de viales y espacios públicos. Este sistema es muy aconsejable en actuaciones de carácter residencial y baja densidad.

Sistema seudoseparativo

Es aquel que segrega las aguas de escorrentía superficial de espacios públicos y viales, de las que se recogen de los edificios (tanto aguas sucias como pluviales). Está indicado en urbanizaciones extensivas.

Criterios básicos de diseño y cálculo

Los criterios básicos para el diseño de esta red son:

- Red ramificada que discurre por el sistema de espacios públicos, preferentemente por el lado acera o bandas de servicio

- Separación entre pozos de registro, menor de 75 m.
- Separación entre sumideros o imbornales, unos 30m.
- Ángulos a través de pozos 90 grados o superior.
- La pendiente del trazado generalmente seguirá la del terreno o será modificada para perder cota de forma escalonada a través de pozos de registro con resalto, para limitar la velocidad de entre 0,30 y 5,00 m/s. (en realidad por encima de 4 m/s aparecen problemas de abrasión y erosión y tendríamos que disponer tubos de gres por ejemplo)
- Diámetro de conductos, mínimo 300 mm. y hasta ovoides de 1400/2100 mm o mayores.
- Periodo de retorno de 5 ó 10 años.
- Tiempo de concentración mayor de 10 min.
- Materiales, preferentemente hormigón vitrocentrifugado y derivados plásticos rígidos.

Los conductos deben ser de sección proporcional a los caudales que van a transportar y que se denominan a máximos y a mínimos. A máximos, se calcula en base a la máxima intensidad de precipitación esperada, dato elaborado estadísticamente, y es evidente que la máxima precipitación guarde relación con el tiempo de recurrencia.

Se recurre en todo caso a los datos estadísticos registrados, concretando la intensidad de precipitación esperada en cada zona geográfica, de acuerdo con el llamado tiempo de recurrencia (periodo histórico para el que tomamos esos datos estadísticos), es suficiente y práctica habitual ,tomar 5 años, para cálculos más generosos o por exigencia normativa (Madrid Decreto 170/1998) la cifra de 15 años es normal; quiere ello decir que el alcantarillado prestará eficaz servicio con carácter general, pudiendo verse desbordado (puesto en carga) una vez cada 5 años (tiempo de recurrencia 5 años) o 10 años. Calcular las dimensiones para periodos más largos, 25 años o superiores, se aplican exclusivamente para grandes infraestructuras territoriales.

Comprendido este aspecto, concretemos el proceso de cálculo a máximos; el caudal en cualquier punto de la red, obedece a la formulación:

$$Q\ (l/s) = 3\ C.I.A.$$

Q. es el caudal en l/s

C. es el coeficiente de escorrentía, que es preciso establecer un valor medio de la zona que va a resultar. Este valor es función de la permeabilidad de los distintos "suelos" que hemos dispuesto, es siempre menor de 1 con carácter de primera aproximación es del orden de 0,7 (existen tablas al respecto).

I. es la intensidad de precipitación máxima.

A. es la superficie en hectáreas.

Una vez calculado el diámetro a máximos queda realizar un cálculo de comprobación para verificar que se cumple el cálculo a mínimos y si no es así, disponer el dispositivo de descarga o cámara de limpia, que garantice el caudal mínimo de autolimpieza.

Tubos y conductos

Principalmente hormigón y plásticos en secciones circulares u ovoides.

6. Enunciado del ejercicio de clase: BALANCE HÍDRICO DE LA ACTUACIÓN

Se trata de establecer los diferentes caudales y volúmenes de agua que componen el ciclo urbano del agua del análisis, tanto para las aguas de abastecimiento como para las de evacuación:

Abastecimiento

- Agua potable:
  - Dotaciones totales estimadas diarias y anuales
  - Caudales instantáneos máximos esperados
- Agua reciclada para segundo ciclo dentro de los edificios
  - Dotaciones totales estimadas diarias y anuales
- Agua reciclada para otros usos: riego limpieza urbana, etc.

- Dotaciones totales estimadas diarias y anuales

Evacuación

- Aguas residuales
  - Volúmenes totales estimados de aguas residuales (con y sin segundo ciclo)
- Aguas de lluvia
  - Volúmenes de medios de precipitación anual en cubiertas de edificios
  - Volúmenes de medios de precipitación anual en espacios públicos (estudio de la incidencia del coeficiente de escorrentía de los pavimentos)

7. TABLAS Y DATOS PARA EL CÁLCULO

Dotaciones de agua según usos

Uso del suelo	Dotación (l/us.d)	Coeficiente punta Kp
Residencial	200-300	3-5
Hospitales	400-700	3,5-4,5
Centros docentes	10-20	5-7
Comercios	15-25	4,5-5,5
Oficinas	25-40	4-6
Hoteles	300-800	3,5-4,5
Espectáculos	5.15	5-8

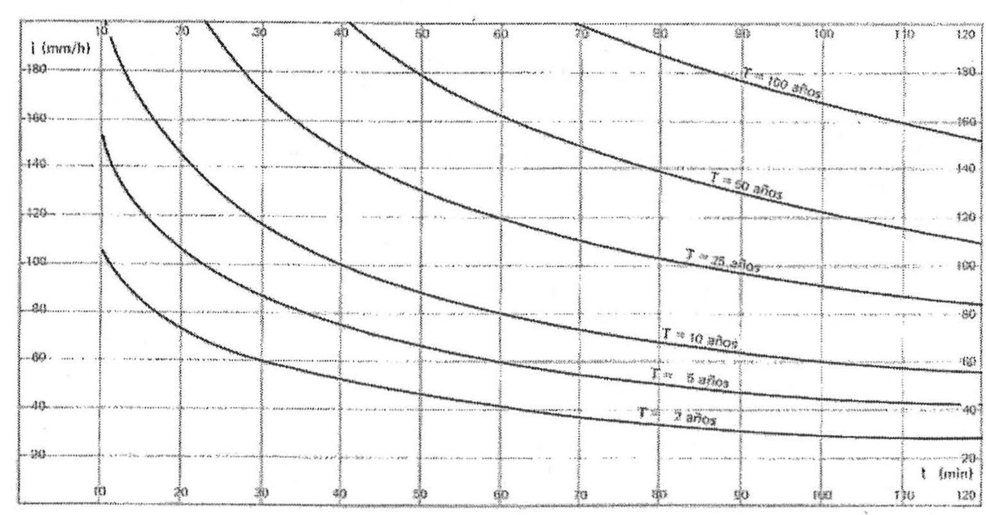
Dotaciones de riego.

Tipo de clima	frío	templado	continental	cálido	semidesértico
Caudal estimado en l/m2xd	5,00	6,25	7,25	7,50	9,00

Fuente: manual de instalaciones urbanas. Pedro Mª Rubio Requena

Estadísticas de precipitación:

Agencia estatal de meteorología. www.aemet.es/es/elclima/datosclimatologicos/



Intensidad pluviométrica en el área metropolitana de Madrid para diferentes periodos de recurrencia

Fuente: manual de instalaciones urbanas. Pedro Mª Rubio Requena

Tipo y características de la superficie				Coeficiente de escorrentía
terreno natural	suelo granular con	vegetación densa con pendiente	< 5 %	0,05 ··· 0,20
			> 5 %	0,20 ··· 0,35
		vegetación media con pendiente	< 5 %	0,10 ··· 0,30
			> 5 %	0,30 ··· 0,50
	suelo arcilloso con	vegetación densa con pendiente	< 5 %	0,15 ··· 0,30
			> 5 %	0,30 ··· 0,50
		vegetación media con pendiente	< 5 %	0,30 ··· 0,50
			> 5 %	0,50 ··· 0,75
superficie de	césped en suelo	arenoso con pendiente del	< 2 %	0,05 ··· 0,10
			2 ··· 7 %	0,10 ··· 0,15
			> 7 %	0,15 ··· 0,20
		arcilloso con pendiente del	< 2 %	0,13 ··· 0,17
			2 ··· 7 %	0,18 ··· 0,22
			> 7 %	0,25 ··· 0,35
	pavimento de	grava, desde limpia y suelta a arcillosa y compacta		0,20 ··· 0,60
		adoquines o bloques	no rejuntados	0,50 ··· 0,70
			rejuntados	0,75 ··· 0,85
		hormigón o aglomerado asfáltico		0,75 ··· 0,95
	cober-tura de	planas de baldosas cerámicas		0,55 ··· 0,75
		de fibrocemento y láminas asfálticas		0,75 ··· 1,00
zonas mixtas urbanizadas	libres	parques, jardines, campos deportes, cementerios		0,10 ··· 0,35
	residenciales	con chalés unifamiliares		0,30 ··· 0,50
		con viviendas unifamiliares adosadas		0,45 ··· 0,65
		con bloques de viviendas		0,50 ··· 0,70
		en manzanas cerradas		0,65 ··· 0,85
	indus-triales	con industria ligera		0,50 ··· 0,80
		con industria pesada		0,60 ··· 0,90
	admi-co-mer-ciales	en centros especiales		0,50 ··· 0,70
		en casco urbano		0,70 ··· 0,95

Valores del coeficiente de escorrentía para diferentes terrenos, pavimentos y áreas urbanizadas
Fuente: manual de instalaciones urbanas. Pedro Mª Rubio Requena

Estimación de consumos de agua doméstica

50-80 litros en la ducha
150-300 litros por baño
6-15 litros para cada uso del WC
50-200 litros por una colada en la lavadora
18-50 litros por un uso del lavavajillas

Cronología de eventos relacionados con el agua:

2006 4° Foro Mundial del Agua, México
Comienzo del Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida" (2005-2015)
Comienzo del Decenio para la Educación con miras al Desarrollo Sostenible (2005-2014)
2003. Año Internacional de Agua dulce. Tercer Foro Mundial del Agua, Kioto
2002 Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (Río + 10), Johanesburgo
2001 Conferencia Internacional sobre Agua Dulce (Dublín + 10), Bonn
2000 (Marzo) Segundo Foro Mundial sobre el Agua, La Haya
Fin Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (1990 - 2000)
1997 Primer Foro Mundial del Agua, Marrakech
1996 2ª Conferencia N. U. sobre los Asentamientos Humanos (Hábitat II),Estambul
Cumbre Mundial sobre la Alimentación, Roma
1995 Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social, Copenhague
Cuarta Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Mujer, Beijing
1994 Conferencia Ministerial sobre Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Ambiental, Noordwijk
Conferencia Internacional de las N. U. sobre Población y Desarrollo, El Cairo

1992 Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente, Dublín
Conf. N.U. Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre de la Tierra), Río de Janeiro
1990 Consulta mundial sobre el Agua potable y el Saneamiento ambiental para la década de los 90, Nueva Delhi
Cumbre Mundial en favor de la Infancia, Nueva York
Comienzo Década Internacional Reducción de los Desastres Naturales (1990 - 2000)
1981 - 1990 Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental
1977 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, Mar del Plata
1972 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Estocolmo

8. Enunciado del ejercicio de clase: BALANCE HÍDRICO DE LA ACTUACIÓN

Se trata de establecer los diferentes caudales y volúmenes de agua que componen el ciclo urbano del agua del área objeto del análisis, tanto para las aguas de abastecimiento como para las de evacuación:

Abastecimiento

- Agua potable:
  - Dotaciones totales estimadas diarias y anuales
  - Caudales instantáneos máximos esperados
- Agua reciclada para segundo ciclo dentro de los edificios
  - Dotaciones totales estimadas diarias y anuales
- Agua reciclada para otros usos: riego limpieza urbana, etc.
  - Dotaciones totales estimadas diarias y anuales

Evacuación

- Aguas residuales
  - Volúmenes totales estimados de aguas residuales (con y sin segundo ciclo)
- Aguas de lluvia
  - Volúmenes de medios de precipitación anual en cubiertas de edificios
  - Volúmenes de medios de precipitación anual en espacios públicos
  - Volúmenes captados y volúmenes infiltrados(estudio de la incidencia del coeficiente de escorrentía de los pavimentos)

TEMA 2: Eficiencia de redes de energía térmica y eléctrica: propuesta de red urbana de calor para calefacción, ACS y refrigeración por absorción.

Profesor: Miguel Ángel Gálvez Huerta

1. Introducción

Enmarcado en el objetivo general del curso, que es el de mejorar las condiciones urbanísticas de la ciudad consolidada, e inserto en el ámbito de la mejora de la eficiencia energética de las redes urbanas, el tema que se desarrolla a continuación cumple los siguientes objetivos:

- Familiarizar al alumno con los sistemas de suministro, distribución y utilización de la energía térmica desde una perspectiva urbana, centrándose especialmente en los aspectos previos de trazado y diseño de la red, así como en el predimensionado de sus elementos fundamentales.
- Estimar aproximadamente el consumo energético térmico del barrio, con el fin de planificar medidas de rehabilitación de sus infraestructuras urbanas y analizar los potenciales de ahorro de las diferentes alternativas posibles.

Para ello se trabaja sobre el barrio de Canillas (Madrid), en el que se pretende evaluar aproximadamente el consumo anual ponderado de energía térmica, expresado en energía primaria, de los diferentes servicios técnicos del barrio, considerado éste como sistema completo de estudio. El cálculo se hará con valores medios anuales.
Los servicios técnicos evaluados son, fundamentalmente la calefacción y el ACS. Por tratarse de un barrio en el que predomina el uso residencial se ha prescindido de la ventilación, de gran importancia en edificios no residenciales, y la refrigeración se considera de forma secundaria.

Partiendo de una hipotética situación inicial, durante el taller se plantearán diversas propuestas de mejora de las infraestructuras urbanas, cuantificando el ahorro logrado con ellas. Los aspectos de las redes urbanas que se pretende estudiar son los siguientes:

- Implantación de una red de calefacción urbana para los servicios de calefacción y ACS de los edificios del mismo.
- Propuesta de cogeneración dentro de los límites del barrio.
- Propuesta de generación de frío por máquinas de absorción a nivel de edificio.

También se expondrán otras medidas relativas a otras infraestructuras energéticas urbanas, cuyo desarrollo excede los límites del curso, pero que se encuentran relacionadas con las propuestas anteriores, como son:

- Estudio del potencial de captación solar térmica del ámbito, tanto a nivel de edificios (de acuerdo con los requisitos del CTE) como de centralización urbana, y su vinculación con la red de calor propuesta.
- Estudio de la potencialidad del ámbito para la implantación de generadores fotovoltaicos, tanto para contribuir a las necesidades eléctricas del ámbito como para su exportación a la red.

Todo ello sin demérito de las intervenciones que suponen una reducción de las necesidades energéticas de los edificios, que se tratan en otras sesiones del curso. Debido a que estas actuaciones están en muchos casos interconectadas, se deberán estudiar para su evaluación como un todo.

2. Redes urbanas de distribución de la energía

2.1. Red urbana de distribución de calor

a) Descripción del sistema

Se trata de un circuito cerrado por el que circula un fluido caloportador, generalmente agua, a suficiente temperatura para hacer funcionar los servicios térmicos (calefacción, ACS y alimentación a la refrigeración por absorción) de un conjunto de edificios, los que componen la barriada.

La producción de calor se hace en una central que debe contener generadores en número y potencia suficientes para servir los momentos punta de consumo de todos los usuarios de la red. El combustible más empleado es el gas natural, que a ciertas ventajas, como la de emitir menos CO_2 que otros combustibles, se añade la de no requerir almacenamiento.

La distribución se hace mediante una red ramificada de dos tuberías (ida y retorno), generalmente ejecutada en acero, con aislamiento incorporado (tubería pre aislada), y que discurre en zanjas bajo las aceras. En instalaciones de pequeña potencia (hasta 10 MW) lleva agua caliente, hasta 110 ºC con saltos térmicos cercanos a 40ºC. Para las instalaciones mayores se emplea agua sobrecalentada, entre 160 y 200ºC, en cuyo caso el salto térmico puede ser mayor (de hasta 60ºC), pero también lo son las presiones que soporta la red, de hasta 25 bares. En redes muy grandes, para minimizar el impacto de posibles averías, puede optarse por disposiciones malladas al menos en las partes principales de la red. En estos casos, el fluido caloportador puede recorrer estos tramos en ambos sentidos. Esta disposición admite también mejoras en la instalación, como alimentarla desde más de una central térmica.

En cualquier caso, la red es similar a la de calefacción en edificios, y cuenta con todos los elementos auxiliares característicos de ella: dilatadores, válvulas, bombas de circulación, vasos de expansión, puntos de purgado y de vaciado.

A nivel de edificio, o grupo de ellos, se disponen las subcentrales que permiten conectar la instalación urbana con la instalación común del edificio y las instalaciones interiores de los ocupantes. Constan de un intercambiador de calor que sustituye a los generadores convencionales, y de los necesarios elementos auxiliares como contadores de energía, válvulas de corte y sistema de regulación. Nótese que en los edificios de vivienda colectiva este tipo de suministro de calor es incompatible con la existencia de instalaciones individuales tanto de calefacción como de refrigeración.

b) Ahorro de energía

Los ahorros que se logran con estos sistemas frente a las instalaciones descentralizadas se deben a los siguientes motivos:

- Los generadores grandes tienen mayores rendimientos que los pequeños, ya que la normativa (Directiva Europea) es más estricta para los primeros;
- El escalonamiento de potencia en las centrales de gran tamaño, con varios generadores, permite que siempre haya generadores funcionando a máxima carga (rendimientos instantáneos elevados) durante periodos muy largos. Al reducirse de esta forma las pérdidas en arranques, paradas y por disposición de servicio, el rendimiento estacional también se incrementa;
- Los precios de la energía descienden para grandes consumidores;
- Aunque, debido al elevado caudal circulante, las pérdidas en la red son importantes, se puede demostrar que disminuyen proporcionalmente al aumentar la sección con la que se transporta el calor;
- Permite el aprovechamiento de energías residuales, como en el caso de la cogeneración, o renovables, como la geotérmica, difícil de aprovechar con sistemas individuales; y
- El control de las emisiones es más sencillo en pocos equipos.

c) Criterios de viabilidad técnica

Se estima viable técnicamente una instalación urbana de calor para:

- Potencia instalada superior a 10 MW
- Consumo superior a 25.000 MW·h/año
- Funcionamiento superior a 2.000 horas al año
- Energía unitaria consumida superior a 4 MW·h/km

d) Cálculo de la red

Potencia instalada

Para la calefacción, con carácter general se adoptará una potencia por unidad de volumen en función del factor de forma del edificio, *f*, con valores de la tabla siguiente, elaborada por Rubio Requena:

Demanda aproximada de calefacción

Factor de forma (-)	0,20 ... 0,50	0,50 ... 1,00	1,00 ... 1,20
Potencia unitaria de calefacción (W/m3)	16,5 ... 20,0	20,0 ... 29,0	29,0 ... 32,0

Para el ACS, en caso de uso residencial estímese una potencia entre 250 y 450 W/persona, según el nivel socioeconómico de la edificación. Para uso hospitalario, puede emplearse el valor máximo de intervalo anterior. En uso industrial, dependiendo del nivel de la demanda, se adoptará una potencia entre 75 y 350 kW/ha. En cualquier otro uso puede prescindirse del considerar el servicio en el cálculo.

A la potencia suma de los usos de calefacción y ACS hay que añadirle las pérdidas en la red. Se estiman éstas en 20 W/m, o un 5% de la potencia transportada, para las instalaciones con agua caliente a baja temperatura, y pueden llegar a 50 W/m si se utiliza agua sobrecalentada.

En el caso de las viviendas, debe tenerse en cuenta la simultaneidad de su uso, por lo que conviene aplicar un coeficiente reductor que no debe ser inferior a 0,6, según la tabla siguiente:

Nº de viviendas	simultaneidad
1...3	1,0
4...14	0,95...0,81
15...24	0,79...0,70
25...50	0,69...0,6
>50	0,6

Dimensionado de la red

El caudal, en l/s, de cada tramo corresponde a la potencia que ha de transportar, que a su vez depende de la diferencia de temperatura entre la ida y el retorno, según la expresión:

$$Q_{tramo} = \frac{P_{tramo}}{3.600 \cdot (T_I - T_R)\, c_{agua}\, \rho_{agua}}$$

con

P_{tramo}, potencia transportada por el agua, en W

c_{agua}, calor específico del agua, de valor 1,163 W·h/kg·ºC

ρ_{agua}, en kg/l, dependiente de la temperatura, con los valores siguientes:

Agua para calefacción

Temperatura	(ºC)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Densidad	(kg/l)	0.9778	0.9718	0.9653	0.9584	0.9510	0.9431	0.9348	0.9261	0.9169	0.9074	0.8973	0.8869

Empleando velocidades adecuadas a cada tramo (menores, hasta 0,5 m/s, en la entrada a los edificios, y mayores, hasta más de 2 m/s en las proximidades de la central), y con la ecuación de

continuidad se ha elaborado la siguiente tabla (Rubio Requena-Tovar), de caudales máximos, en l/s, transportados para diferentes diámetros:

Velocidad	Diámetro (mm)												
(m/s)	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
0.55	1.3	2.1	3.0	5.0	7.5	11.1	19.1	29.9	42.2	51.2	67.0	85.4	106.0
0.60	1.4	2.3	3.2	5.4	8.1	12.1	20.8	32.6	46.1	55.9	73.1	93.1	115.7
0.65	1.5	2.5	3.5	5.9	8.8	13.1	22.6	35.3	49.9	60.6	79.2	100.9	125.3
0.70	1.6	2.7	3.8	6.3	9.5	14.1	24.3	38.0	53.8	65.2	85.3	108.7	134.9
0.75	1.7	2.9	4.0	6.8	10.2	15.1	26.1	40.7	57.6	69.9	91.3	116.4	144.6
0.80	1.9	3.1	4.3	7.2	10.9	16.1	27.8	43.5	61.4	74.5	97.4	124.2	154.2
0.85	2.0	3.3	4.6	7.7	11.5	17.2	29.5	46.2	65.3	79.2	103.5	132.0	163.8
0.90	2.1	3.5	4.9	8.1	12.2	18.2	31.3	48.9	69.1	83.8	109.6	139.7	173.5
0.95	2.2	3.7	5.1	8.6	12.9	19.2	33.0	51.6	73.0	88.5	115.7	147.5	183.1
1.00	2.3	3.9	5.4	9.0	13.6	20.2	34.7	54.3	76.8	93.2	121.8	155.2	192.8
1.05	2.4	4.1	5.7	9.5	14.3	21.2	36.5	57.0	80.6	97.8	127.9	163.0	202.4
1.10	2.6	4.3	5.9	9.9	14.9	22.2	38.2	59.8	84.5	102.5	134.0	170.8	212.0
1.15	2.7	4.5	6.2	10.4	15.6	23.2	39.9	62.5	88.3	107.1	140.1	178.5	221.7
1.20	2.8	4.7	6.5	10.8	16.3	24.2	41.7	65.2	92.2	111.8	146.2	186.3	231.3
1.25	2.9	4.9	6.7	11.3	17.0	25.2	43.4	67.9	96.0	116.4	152.2	194.1	240.9
1.30	3.0	5.0	7.0	11.7	17.7	26.2	45.2	70.6	99.8	121.1	158.3	201.8	250.6
1.35	3.1	5.2	7.3	12.2	18.3	27.2	46.9	73.3	103.7	125.8	164.4	209.6	260.2
1.40	3.3	5.4	7.6	12.6	19.0	28.3	48.6	76.1	107.5	130.4	170.5	217.3	269.9
1.45	3.4	5.6	7.8	13.1	19.7	29.3	50.4	78.8	111.4	135.1	176.6	225.1	279.5

Las tuberías comerciales vienen aisladas de fábrica, con espesores de aislamiento fijos. Del catálogo comercial de Brigg Pipe Systems se ha extraído la siguiente tabla de tuberías de acero pre aisladas, válida para agua caliente a baja temperatura:

	Diámetros y espesores en mm				
DN	D ext	e tubo	D int	D total	e aislam
500	508	6.3	495.4	710	101.00
450	457.2	6.3	444.6	630	86.40
400	406.4	6.3	393.8	560	76.80
350	355.6	5.6	344.4	500	72.20
300	323.9	5.6	312.7	450	63.05
250	273	5	263	400	63.50
200	219.3	4.5	210.3	315	47.85
150	168.3	4	160.3	250	40.85
125	138.7	3.6	131.5	225	43.15
100	114.3	3.6	107.1	200	42.85
80	88.9	3.2	82.5	160	35.55
65	76.2	2.9	70.4	140	31.90
50	60.3	2.9	54.5	125	32.35

Previsión de espacio de las subcentrales de edificio

En el caso de la red de distribución adquiere importancia el espacio requerido por los equipos encargados de realizar la interconexión de la red con los edificios. La superficie de planta necesaria para disponer los intercambiadores y bombas depende de la potencia instalada, y es asimilable a la necesaria para la generación en centrales térmicas de edificio.

3. Sistemas de generación de energía térmica a escala de barrio

3.1 Central térmica

En instalaciones de baja temperatura se emplean grupos térmicos (caldera y quemador), similares a los de generación de calor en edificios, si bien de mayor escala. La adaptación de la producción a la demanda se hace mediante el fraccionamiento de potencia en varios generadores, con quemadores modulantes, de forma que funcionen la mayor parte del tiempo a máxima carga, optimizando sus rendimientos.

Cuentan con todos los elementos auxiliares de las centrales al uso: Grupos de bombeo, vasos de expansión, equipos de tratamiento de agua (ablandadores), depuradores de humos, etc. Para las

instalaciones de agua sobrecalentada se utilizan generadores especiales. Indudablemente, las altas presiones y temperaturas hacen que el diseño de algunos elementos requiera de soluciones no convencionales. Es el caso de los grupos motobombas, que en ocasiones precisan de un sistema de refrigeración propio.

Desde el punto de vista del proyectista reviste especial importancia la reserva del espacio ocupado por estos equipos. En este sentido se aporta una tabla, elaborada por Rubio Requena, que da cuenta de las dimensiones requeridas por las centrales térmicas urbanas:

Potencia		Edificio		Parcela	
(MW)	a	b	h	A	B
1.00	7.00	10.00	3.00	19.00	24.00
1.50	7.50	11.00	3.25	19.50	25.00
2.00	8.00	12.00	3.50	20.00	26.00
3.00	9.00	13.00	3.75	21.00	27.00
4.50	9.50	13.50	4.00	21.50	27.50
6.00	10.00	15.50	4.50	22.50	29.00
8.00	11.00	18.00	5.00	24.00	32.00
10.00	12.00	20.00	5.50	24.50	35.00
15.00	13.50	25.00	8.00	27.00	42.00
20.00	15.00	28.00	10.00	30.00	50.00
30.00	17.00	35.00	12.00	45.00	70.00
40.00	20.00	40.00	14.00	55.00	80.00
50.00	22.00	42.00	15.00	60.00	100.00

3.2. Energía solar térmica

La captación puede ser central o descentralizada (por edificios). El aporte de energía puede hacerse a nivel de edificio o a nivel urbano, vertiendo la energía a la red de calor mediante la ejecución de una red urbana independiente (circuito solar), que puede tener dispositivo de acumulación del calor, capaz de funcionamiento estacional.

4. Generación de energía eléctrica a escala de barrio

4.1. Introducción

La producción de energía eléctrica es un proceso en el que se transforma una energía de baja exergía en otra de alta. Cuando se produce a partir de energía mecánica, mediante motores térmicos, el proceso tiene un rendimiento bajo con notables pérdidas de energía en forma de calor, lo que además exige costosos equipos de refrigeración. Cuando la producción y la utilización están alejadas, todavía disminuye más el rendimiento, debido a la resistencia al paso de la electricidad por los conductores y a las pérdidas en los elementos de transformación de tensión interpuestos. Por estas razones puede ser rentable producir la electricidad en el mismo lugar donde se consume, si además se aprovecha el calor excedente del proceso en la climatización de edificios.

Con la aparición de nuevas fuentes de producción a pequeña escala (muchas de ellas renovables, y otras basadas en el aprovechamiento de energía residual) y apoyándose en un nuevo marco legal eléctrico, parece conveniente completar el modelo tradicional, de grandes plantas a grandes distancias de los núcleos urbanos, con otro modelo descentralizado compuesto por muchos pequeños productores próximos a los puntos de consumo.

Esta nueva opción recibe el nombre de Generación Distribuida, y puede definirse como la generación a pequeña escala, por cualquier tecnología (motores, fotovoltaica, eólica o pilas de combustible), que proporciona electricidad en puntos cercanos al consumidor y que se puede conectar directamente al consumidor o a la red de transporte. De esta forma, el pequeño productor puede:

- Operar su equipo de producción como fuente principal de energía.

5. Procedimiento de evaluación energética

El objetivo que se persigue en este epígrafe final es el de estudiar el ahorro de energía y de emisiones de CO_2 que se pueden conseguir con los sistemas de calor urbanos.

5.1. Introducción

Se propone a continuación un procedimiento simplificado para evaluar energéticamente el conjunto de edificios que compone el ámbito urbano objeto de estudio. El proceso está basado en el correspondiente para edificios, tal como figura en UNE EN 15603, y se realiza según la siguiente secuencia:

a) Se estiman aproximadamente las necesidades energéticas brutas del ámbito, que van a ser satisfechas mediante sistemas técnicos, con pérdidas de energía en la distribución.

b) Se calcula la energía consumida en cada uno de los sistemas de producción para aportar la energía demandada por los sistemas técnicos a los que sirve, incluyendo las pérdidas no recuperables asociadas a la generación.

d) Si el aporte de energía a los sistemas técnicos de los edificios se hace por medio de energías renovables producidas "in situ", se computa como reducción de las necesidades energéticas del ámbito.

e) En el caso de que haya un sistema de cogeneración la energía generada, tanto eléctrica como térmica, puede destinarse a la exportación.

d) Se pondera el consumo neto (consumido menos exportado) de cada uno de los vectores energéticos utilizados, para poderlos comparar. El índice de ponderación habitualmente empleado es el de repercusión en términos de energía primaria.

A continuación se desglosa este procedimiento para cada uno de los sistemas técnicos evaluados (calefacción, ACS y, de manera secundaria, refrigeración) así como de los sistemas de generación de energía involucrados. Por no tratarse la evaluación energética eléctrica, se dejan fuera de este trabajo las necesidades energéticas de los sistemas de iluminación, así como de los equipos eléctricos. Por lo que respecta a la refrigeración, por resultar muy complejo no se establece procedimiento de cálculo de su demanda y sólo se considerará el empleo de la energía térmica de la red urbana en este servicio.

5.2. Necesidades energéticas

a) Calefacción

Las necesidades térmicas de calefacción en el periodo considerado, en W·h, pueden obtenerse aproximadamente con la expresión:

$$Q_{H,\,periodo} = (U \cdot f + 0{,}34 \cdot n) \cdot GD_{periodo} \cdot 24 \text{ (W·h/m}^3\text{)}$$

donde U es la transmitancia media de los edificios (U = 0,8 … 1 W/m^2°C) y n la tasa de ventilación (n = 1 h^{-1})
GD, los grados día base 15 anuales. Para el observatorio de Madrid Retiro (1.800 horas y 211 días de calefacción al año), se adjuntan los datos mensuales de grados día:

Grados-día 15/15	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
°C·día	275	223	185	100	41	3

Grados-día 15/15	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total año
°C·día	0	0	5	51	175	283	1.341

Las pérdidas térmicas y la energía auxiliar del sistema técnico, sin incluir la generación, se estudian según UNE EN 15316, mediante su división en subsistemas (emisión, distribución y

almacenamiento). En este trabajo se desprecian las pérdidas que se producen a nivel de edificio por estos conceptos, así como la energía auxiliar necesaria para el funcionamiento del sistema, y que sirven para calcular sus prestaciones globales. Sí que se tienen en cuenta, por el contrario, las pérdidas debidas a la distribución urbana.

b) Agua caliente sanitaria
Las necesidades térmicas anuales de ACS, en W·h, pueden obtenerse con:

$$Q_{W,\,periodo} = 1{,}163 \cdot D \cdot (T_{ACS} - T_{AF}) \cdot 365 \cdot (1 - f)$$

donde la temperatura media anual del agua fría en Madrid T_{AF} = 10,3 ºC;
f, valor medio del factor de cobertura solar establecido por el CTE (0,60 en Madrid); y
D, demanda de ACS a 60ºC, en l por persona y día, según la tabla del CTE DB HE4:

Demanda de ACS/día a 60º C	Litros	por
Viviendas unifamiliares	30	persona
Viviendas multifamiliares	22	persona
Hospitales y clínicas	55	cama
Hotel ****	70	cama
Hotel ***	55	cama
Hotel/Hostal **	40	cama
Camping	40	emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	servicio
Escuelas	3	alumno
Cuarteles	20	persona
Fábricas y talleres	15	persona
Administrativos	3	persona
Gimnasios	20 ... 25	usuario
Lavanderías	3 ... 5	kilo de ropa
Restaurantes	5 ... 10	comida
Cafeterías	1	almuerzo

Las pérdidas térmicas y la energía auxiliar del sistema técnico de ACS, sin incluir la generación, se estudian según UNE EN 15316-3-2, mediante su división en subsistemas (emisión, distribución y almacenamiento). De nuevo, en este trabajo se desprecian estas pérdidas en los sistemas técnicos de los edificios, aunque se tienen en cuenta los producidos en la red de distribución urbana de calor.

5.3. Pérdidas en la red urbana de distribución de calor

a) Pérdidas en la distribución

Las pérdidas de potencia lineales en la red de distribución se obtienen con la expresión:

$$W_P = \frac{\pi \cdot (T_r - T_e)}{\frac{R_i}{D_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_a} ln \frac{D_3}{D_2} + \frac{R_e}{D_3}}$$

donde
W_P, potencia perdida por metro lineal, en W/m
λ_a, conductividad del material aislante, de valor típico 0,04 W/mºC
R_e, resistencia superficial exterior, nula si el conducto va enterrado.
R_i, resistencia superficial interior, también casi nula, aunque puede tomarse de valor típico 0,01 m²/W·ºC, casi nulo también.
D_1, diámetro interior del conducto, en m
D_2, diámetro exterior del conducto, en m
D_3, diámetro exterior del aislamiento, en m

T_r, temperatura media del agua en la red. Para una red de baja temperatura, con temperatura de impulsión constante de 110 ºC y salto térmico máximo de 40ºC, la temperatura de retorno será tanto más alta cuanto menor la demanda térmica. En condiciones medias de funcionamiento, es aceptable la hipótesis de una temperatura media de la red de 100ºC.
T_e, temperatura del terreno a la profundidad de enterramiento. Para Madrid puede tomarse una temperatura media anual de 14,1 ºC

Para obtener la pérdida de energía que lleva asociada hay que hacer una estimación de las horas a lo largo del año que funciona la instalación. Si sólo se empleara para calefacción, en Madrid pueden considerarse 1800 horas al año. El uso anual para ACS y la extensión al verano con refrigeración hace que se llegue hasta 5.840 horas (16 diarias).
b) Pérdidas en las subcentrales de edificio
De acuerdo con el procedimiento de la UNE 15316-4-4, las pérdidas de energía anuales en esta parte de la red urbana, para una instalación de baja temperatura, pueden computarse con:

$$Q_P = 4 \cdot (T_r - T_e) P_{int}^{1/3}$$

donde
Q_p son las pérdidas anuales, en kW·h
T_r, temperatura media del agua en la red. Con las hipótesis ya descritas, tomar 100ºC.
T_e, temperatura del ambiente exterior en la subcentral. Para Madrid, tómese 14,3ºC
P_{int}, potencia térmica de la subcentral de edificio, en kW

5.4. Pérdidas de los sistemas de generación de energía

a) Generalidades
Se estudian por separado cada uno de los sistemas de generación (calderas de gas o gasóleo, enfriadoras de compresión o de absorción, motores de cogeneración).
No conviene olvidar que un mismo sistema de generación puede alimentar a varios sistemas técnicos, además de contribuir a la entrada de energía a otro sistema de generación (caso de la cogeneración)
La entrada de energía al sistema de producción será la producción térmica más las pérdidas térmicas del sistema.
De forma operativa la entrada de energía al sistema, E_{cal}, puede obtenerse a partir de la demanda, D_{cal}, mediante:

$$E_{cal} = \frac{D_{cal}}{\eta_{m,e}}$$

donde
$\eta_{m,e}$ es el rendimiento medio estacional, obtenido de distinta forma según sea el equipo empleado en la producción.
Se indican a continuación procedimientos simplificados para obtener estos rendimientos (o eficiencias en el caso de máquinas frigoríficas) medios.

b) Rendimiento estacional medio de las calderas de gas y gasóleo
Se obtiene a partir del rendimiento instantáneo a plena carga, η_i, si se le aplica un factor de ponderación, f_p
$\eta_{m,e} = \eta_i \cdot f_p$
Para el rendimiento instantáneo, tómense los valores del RD 275/1995:

Tipo de caldera	Rendimiento mínimo a plena carga					
	Potencia (en kW)					
	10	50	100	200	300	400
Estándar	86	87,4	88	88,6	89	89,2
Baja temperatura	89	90	90,5	91	91,2	91,4
De condensación	92	92,7	93	93,3	93,5	93,6

Para el factor de ponderación, pueden tomarse los valores que figuran en la solicitud de Documento reconocido “Prestaciones medias estaciónales de equipos de producción de frío y calor en edificios de viviendas”:

Calefacción	fp
Caldera estandar	0,97
Caldera baja temperatura	1
Caldera condensación	1,08

Calefacción y ACS	fp
Caldera estandar	0,98
Caldera baja temperatura	1
Caldera condensación	1,06

c) Rendimiento estacional de las centrales de cogeneración
Al igual que todas las máquinas térmicas, el rendimiento instantáneo depende de la fracción sobre la carga máxima a la que está funcionando el equipo. En el caso de que la central adapte la producción a la demanda térmica, para poder estimar con suficiente precisión su rendimiento estacional es preciso tener información de sus rendimientos instantáneos a cargas parciales, en intervalos suficientemente finos (de 10 en 10%), además de conocer el perfil anual de la demanda. Como puede comprenderse, esta operación exige un nivel de información y un aparato de cálculo que excede los límites de este trabajo.

La opción, ya explicada, de hacer funcionar siempre a la central de cogeneración a potencia máxima, de forma que suministre una carga térmica base, quedando las puntas de potencia reservadas para una caldera convencional permite trabajar conociendo sólo el rendimiento nominal a plana carga. En este sentido, los rendimientos instantáneos más habituales de los equipos de cogeneración son los siguientes:

d)

	Rendimiento a carga máxima (sobre el PCI)		
Tipo de equipo	Térmico	Eléctrico	Total
Motor de combustión (gas)	45 ... 61	21 ... 38	73 ... 95
Motor de combustión (diesel)	50 ... 60	30 ... 40	78 ... 95
Microturbina	52 ... 66	13 ... 32	70 ... 90
Pila de combustible	35 ... 70	25 ... 50	75 ... 95
Motor Stirling	61 ... 95	10 ... 25	83 ... 105

Rendimiento estacional medio de las máquinas frigoríficas de compresión
De la misma forma que antes, debe distinguirse entre la eficiencia instantánea EER_i y la corrección para todo el periodo de funcionamiento (eficiencia estacional, $EER_{m,e}$). Los valores instantáneos más habituales son:

Equipos enfriados por aire: $EER_i = 2,5$
Equipos enfriados por agua: $EER_i = 3,4$

La relación entre las eficiencias instantánea y estacional se establece mediante un factor de ponderación f'_p:
$EER_{m,e} = EER_i \cdot f'_p$

factores de ponderación f'_p que pueden obtenerse de la tabla:

	Zona climática		
Sistemas de refrigeración	2	3	4
Equipo compacto	0,9	0,8	0,88
Equipo split	0,54	0,66	0,75

	Zona climática				
Calefacción por bomba de calor	A	B	C	D	E
Equipo compacto	0,79	0,75		0,68	
Equipo split	0,6	0,62		0,58	

En los casos de las bombas de calor y máquinas frigoríficas la suma de la producción y las pérdidas supera a la entrada de energía (EER>1). El exceso obtenido se computa como energía

renovable, a sumar a las renovables térmicas existentes, como pueda ser la captación solar térmica.

e) Rendimiento estacional medio de las enfriadoras de absorción

Sus eficiencias son bajas. Puede tomarse un valor medio estacional de 0,5

5.4. Evaluación energética ponderada

a) Proceso de evaluación

Tanto la energía consumida como la exportada proceden de alguno de los llamados “vectores energéticos” existentes, entre los que se destacan, por ser los habituales a nivel urbano, el gas y la electricidad. La cuantía suministrada de cada uno de estos vectores energéticos lleva asociada un consumo energético que se deriva de los gastos de la cadena energética total (extracción, transporte, proceso, almacenamiento, transformación, distribución y cualquier otra operación necesaria para el suministro al punto de utilización de la energía suministrada, incluyendo las de construcción y desmantelamiento de las instalaciones precisas)

Por ello, cuando se emplea en el suministro más de un vector energético, o hay que computar la energía exportada, el balance energético final debe expresarse de forma común, ponderando el impacto de cada conductor en el resultado final. Para ello se utilizan diversos índices, como la energía primaria consumida, las emisiones de CO_2 asociadas o cualquier otro parámetro definido a nivel estatal generalmente con criterios políticos.

Antes de realizar la ponderación, conviene verificar los balances energéticos involucrados, lo que significa comprobar que se cumple que la entrada a los servicios técnicos es igual a la producción térmica de los sistemas de generación.

Para la presentación de resultados se vuelve a insistir en que:

- La entrada al sistema de generación del ámbito se divide entre los vectores de energía y las energías renovables producidas.
- La energía renovable producida “in situ” no es parte de la energía suministrada.
- Debe diferenciarse entre el consumo energético en el ámbito y la energía exportada

En lo que sigue, se ponderará cada vector energético según la energía primaria asociada, para lo que se emplearán los factores de ponderación f_i siguientes:

1,5 para gas; y
3 para electricidad.

que permiten llevar a cabo la evaluación energética del ámbito con la siguiente igualdad:

Consumo ponderado = Σ(energía suministrada i x $f_{sum,i}$) – Σ(energía exportada i x $f_{exp,i}$)

En la expresión anterior la energía suministrada por cada vector energético *i* es igual a la suma: Necesidades brutas + Pérdidas del sistema técnico + Pérdidas de la generación.

b) Presentación de resultados

Se pueden presentar los resultados con tablas como las siguientes:

Necesidades térmicas		Sistemas técnicos	
Calefacción		Calef + ACS	
ACS		Refrigeración	
Refrigeración		Electricidad	

Energía suministrada		Suministrada ponderada	
Gas		Gas	
Electricidad		Electricidad	
Otras		Otras	
		Total	

Energía exportada		Exportada ponderada	
Electricidad		Electricidad	
Otras		Otras	
		Total	

Renovable "in situ"	
Fotovoltaica	
Térmica	
Otras	
Total	

BIBLIOGRAFÍA DE REDES URBANAS

- RUBIO REQUENA, P. M. Instalaciones Urbanas. Tecnología e Infraestructura Territorial. Ediciones Control Ambiental, Madrid, 1979 Arizmendi Barnes, Luis Jesús, Instalaciones urbanas, Bellisco, Madrid, 1991
- Arizmendi Barnes, Luis Jesús, Instalaciones Urbanas, Bellisco, Madrid, 1993
- Manual de Diseño. La Ciudad Sostenible. IDAE, Madrid, 2002
- Cuchi i Burgos, Albert, Ciencia, técnica y ciudadanía, claves para una Gestión sostenible del agua, Zaragoza: Fundación Nueva Cultura del Agua: Institución "Fernando el Católico", Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 2006.
- AA.VV. (Coordinadores Carles Ibáñez Martí, Narcís Prat Fornels), Ciencia, técnica y ciudadanía, claves para una Gestión sostenible del agua/IV Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua, Fundación Nueva Cultura del Agua: Institución "Fernando el Católico", Universidad de Zaragoza, Zaragoza,, 2006.
- Arizmendi Barnes, Luis Jesús, Las aguas residuales en arquitectura sostenible, EUNSA, Pamplona, 2005.
- AA.VV. (Molina Holgado, Pedro; Berrocal Menárquez, Ana B.; Mata Olmo, Rafael), Guía de vegetación para ambientes urbanos, Emp. Municipal de la Vivienda y Suelo. Área de Gobierno de Urbanismo, Vivienda e Infraestructuras. Ayuntamiento de Madrid, Madrid, mayo 2005.
- Guía Básica de la Generación Distribuida. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía y Consumo. Comunidad de Madrid, Madrid, 2007
- PERALES, S. y ANDRÉS, I. Los SUDS: una alternativa a la gestión del agua de lluvia. V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Sevilla, 2007. (PONENCIA)

- Guía de ahorro energético en garajes y aparcamientos. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Comunidad de Madrid, Madrid, 2006

- Guía sobre eficiencia energética en las Comunidades de Propietarios. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Comunidad de Madrid, Madrid, 2006

- Sistemas automáticos de calefacción con biomasa en edificios y viviendas. Guía Práctica. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Comunidad de Madrid, Madrid, 2006

- Guía Técnica de Iluminación Eficiente en el sector residencial y terciario. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Comunidad de Madrid, Madrid, 2006

- Guía de la Energía Solar. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Comunidad de Madrid, Madrid, 2006

TEMA 3. Redacción de una ordenanza bioclimática, en un tejido residencial

Profesor : Ester Higueras

1. Introducción, interés de la Ordenanza bioclimática:

Una Ordenanza es un texto normativo que regula todos los parámetros para la edificación en suelo urbano, por su unidad mínima: la parcela. Generalmente, regulan aspectos estéticos (composición de huecos, ritmos, inclinaciones de cubierta, colores de fachada, etc); aspectos de aprovechamiento (fondo máximo edificable, altura máxima, edificabilidad máxima, etc); y también aspectos de uso (usos predominantes, los compatibles con él y los usos prohibidos). Han existido Ordenanzas de regulaciones mínimas, de policía y estéticas desde el siglo XIII; pero es a partir del siglo XIX, cuando la disciplina urbanística empieza a establecer unas ordenanzas con motivos higienistas, intentando controlar el hacinamiento y las insalubres condiciones que habían aparecido con la ciudad de la revolución industrial.

Otro hito histórico significativo, supuso la Carta de Atenas, resultado de los Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna (CIAM), que reivindicaba una nueva forma de hacer ciudad, donde el sol, el viento y las zonas verdes formaran parte indisoluble y característica de la ciudad, pero con alta densidad. Una de las aportaciones más significativas es precisamente el bloque abierto, que resuelve una alta densidad, liberando mucho espacio para zonas verdes, y que posibilita que todas las viviendas sean exteriores. Sin embargo, los espacios de bloque abierto requieren hoy una acción de mejora ya que a su antigüedad, se suman problemas de mantenimiento de su entorno y zonas verdes, ausencia de identidad urbana, ausencia de espacios comerciales y de equipamientos suficientes, y además requiere resolver el problema de la movilidad y la accesibilidad peatonal y rodada.

Desde el siglo XX, las Ordenanzas no han sufrido importantes transformaciones sustanciales, incluso se repiten textos muy similares en ciudades con climas y morfologías muy diferenciadas. Es por tanto, la hora de afrontar una nueva Ordenanza que incentive el diseño de técnicas de acondicionamiento pasivo en la escala urbana; y además sirva para minorar impactos, incorporar las técnicas de acondicionamiento activo, y en resumen mejoren la relación entre el medio urbano y su lugar.

2. Objeto:

Redactar una Ordenanza Bioclimática que incentive las técnicas de acondicionamiento pasivo de la edificación, con criterios de sol y de viento (en aquellas zonas que sean verdaderamente eficaces); ayude a la instalación de sistemas activos (solares térmicos y fotovoltaicos, eólicos, etc); y reduzca el consumo energético de las viviendas.

3. Oportunidad de la Ordenanza Bioclimática:

Una Ordenanza Bioclimática sirve para mejorar la eficiencia energética en la ciudad ya que servirá para que cada nueva edificación o rehabilitación, reduzca la energía gastada para su ejecución completa o su posible demolición futura y además considerará el uso de energías renovables y empleo de técnicas de acondicionamiento pasivo según las características climáticas y el uso interior del edificio adecuadas a cada situación urbana. El interés de redacción de una ordenanza ambiental es doble:

1. por un lado induce al diseño bioclimático en positivo, según cada zona homogénea urbana. Esto es, es el equipo redactor el que establece la obligatoriedad de determinados elementos o su recomendación, para lo cual la orientación de las fachadas y el ángulo de obstrucción solar son determinantes para la viabilidad de estas soluciones

2. en segundo lugar, es un texto único donde ya se ha estudiado la relación con otras normativas sectoriales y se elimina la incompatibilidad entre ellas (por ejemplo en determinados casos, como en la ciudad histórica, puede ser más interesante incentivar a construir cubiertas verdes que colocar paneles solares, debido a que el impacto es menor y además aparece una aportación microclimática necesaria en zonas de alta densidad)

A modo de ejemplo, existen algunas Ordenanzas o Textos Normativos Ambientales que han sido aprobados recientemente, donde aparecen destacados estas intenciones. Se han seleccionado aquellos que tienen una relación directa con las Ordenanzas, o con los parámetros de aplicación a las edificaciones al objeto de conseguir una mejor adecuación bioclimática y que puedan servir de ayuda al urbanista. Con este criterio los textos seleccionados son: [1]

- .- Ayuntamiento de Barcelona. Ordenanza General de Medio Ambiente Urbano 1999
- .- Ayuntamiento de Tarragona. Ordenanza Fiscal Reguladora del Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras
- .- Ayuntamiento de Vilanova i la Geltrú. Guía de Buenas Practicas de edificación Sostenible para Vilanova, 2001
- .- Ayuntamiento de Cardedeu, Barcelona : Ordenanza de energía solar y ordenanza de ahorro de agua, 2004
- .- Ayuntamiento de Tres Cantos, Madrid: Ordenanza Bioclimática, 2005

La eficiencia urbana se promueve además con otras acciones como la regulación del uso del suelo, la densidad, la movilidad y el transporte eficiente, el uso y consumo de agua , con redes eficientes de calor y frio y con un alumbrado público.

4. Datos de partida:

Para redactar una Ordenanza Bioclimática es preciso conocer a fondo el clima local, el soleamiento, los datos de viento, y las características morfotipológicas de un tejido urbano.

5. Metodología:

La metodología es la siguiente:
Primero se seleccionará una zona urbana homogénea atendiendo a sus características morfo-tipológicas. La Ordenanza Bioclimática, será diferente para cada zona urbana de la ciudad. Por ejemplo en Madrid, el Plan General de Ordenación Urbana establece nueve Normas Zonales. Generalmente podemos encontrar en las ciudades españolas los siguientes tejidos:

Casco antiguo; Ensanche; Edificaciones de bloque abierto; Vivienda unifamiliar; Edificación sin planificación; Industrial.

Segundo se realiza el climograma local y se cuantifican las necesidades locales para alcanzar en confort térmico

Tercero se hace un estudio del viento local, determinando la dirección y velocidad en el invierno y en el verano. Y los condicionantes que puedan existir en la ciudad, como en zonas elevadas, presencia de edificaciones en altura; cerca de cursos de agua, etc.

Cuarto se hace un estudio de soleamiento, considerando los angulos de obstrucción solar del invierno y del verano en relación a la geometría de las calles del tejido urbano. Seguidamente se diseña la rosa de acimutes, con los arcos solares mas significativos del lugar, atendiendo a las condiciones mas extremadas.

[1] Se puede ampliar el contenido y evaluación de estos ejemplos en el libro "*El reto de la ciudad habitable y sostenible*", E. Higueras, edita DAPP. 2009.

Quinto, estudio de la humedad con respecto al microclima local, detectando las masas vegetales significativas, zonas de agua, acabados , etc.

Sexto, diagnosis urbana

Séptimo, redacción de la ordenanza propiamente dicha.

Enunciado del taller: Redacción de una Ordenanza Bioclimática

1º. Selección de una zona homogénea urbana, por características morfológicas.

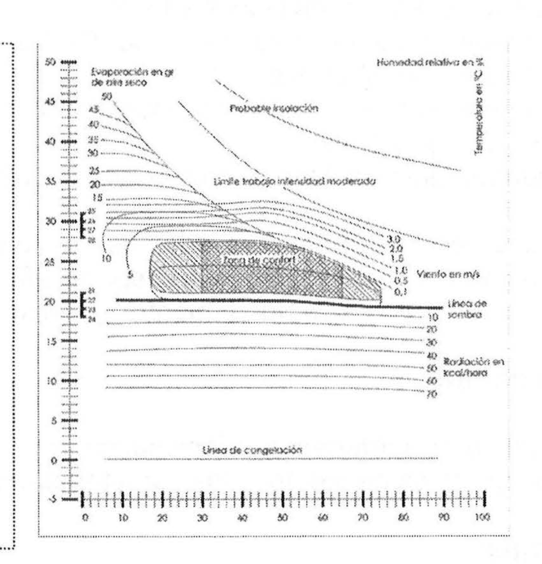
2º Cuantificación de las necesidades locales,

. Realización del climograma local.

CLIMOGRAMA DE VICTOR OLGYAY (1963)

Sombreada la zona de confort. Eje de abcisas humedad relatica en %. Eje de ordenadas temperatura seca en ºC.

Se colocan los puntos de temperatura y humedad correspondiente a cada mes, y de esta forma se precisa, si está en confort, si está infacalentado, si tiene necesidad de viento o de humedad relativa, como estrategias generales para alcanzar en bienestar higrotérmico.



Cuadros de necesidades por meses y priorización cuantitativa de las principales estrategias. Se establece la posición de cada mes dentro del climograma y se resumen sus principales estrategias para alcanzar el confort.

Necesidad termica	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
De radiacion solar												
De inercia en muros												
Bienestar termico												
Ventilacion mediodia												
Ventilacion nocturna												
Sombreamiento huecos												

Necesidad bioclimatica	Cuantificacion Nºmeses/12	Estrategia general
De soleamiento: mediante radiacion directa por acumulacion		

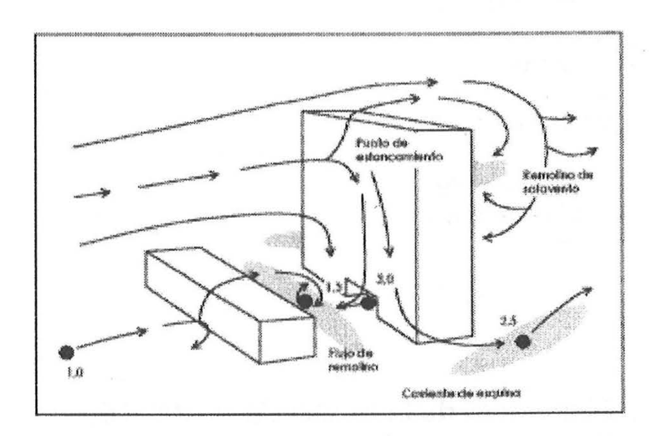
De evaporacion		
De viento		
De sombreamiento		

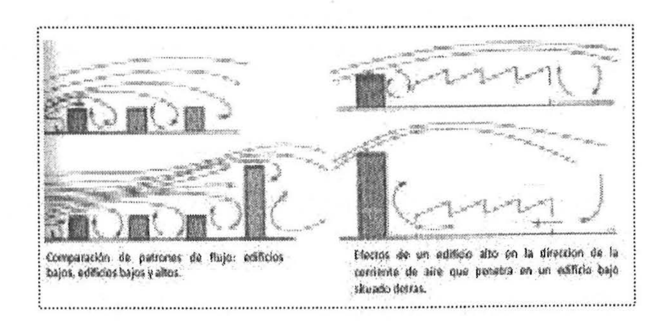
3º El Viento local y el microclima

Realizar un estudio de los condicionantes del viento sobre la ciudad (completando la siguiente tabla), determinando las zonas expuestas y las zonas protegidas en invierno y verano, así como la influencia de los principales accidentes topográficos o las turbulencias provocadas por la edificación en altura.

Viento local	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Direccion del viento dominante												
Velocidad de mayor frecuencia												
Velocidad máxima												
Direccion de la velocidad máxim												
Zona de calmas												
RESULTANTE												

Factores modificadores del viento local		Consideraciones de proyecto, primeras propuestas
Suelo llano o en pendiente		
Existencia de vegetación		
Existencia de turbulencias en plantas bajas		
Acabados superficiales		
Calmas y presencia de contaminantes		
Factor combinado viento+agua		
Zonas expuestas al viento frio		
Zonas expuestas en verano		





Comparación de patrones de flujo: edificios bajos, edificios bajos y altos.

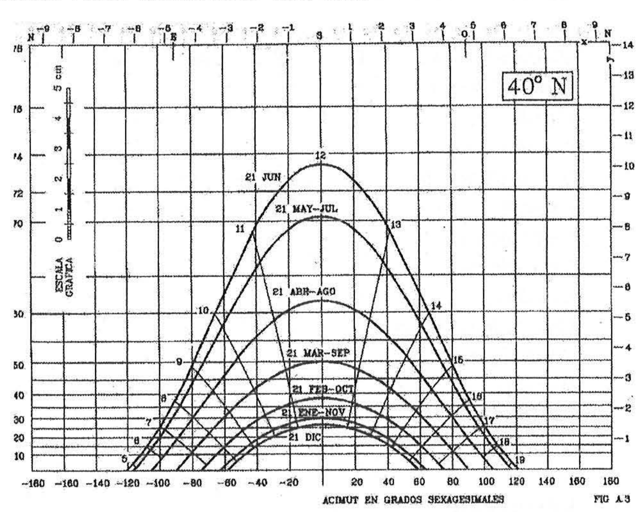
Efectos de un edificio alto en la dirección de la corriente de aire que penetra en un edificio bajo situado detrás.

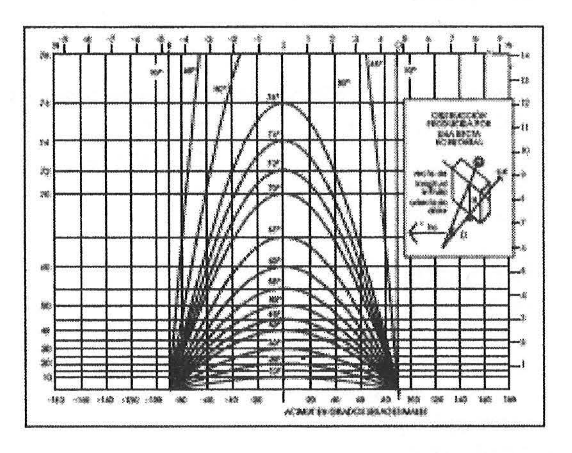
4º El sol y el tejido urbano. Evaluación de las posibilidades reales de aprovechamiento del sol

Estudio del soleamiento de las fachadas. Dibujar sobre el plano parcelario, las fachadas que están bien orientadas, y que además tienen un buen ángulo de obstrucción solar, siguiendo estas recomendaciones:

- En el Invierno: Se considera favorable un ángulo $H_0 > 24°$ que permite el soleamiento de fachadas en arco solar sur, sur-este, durante al menos cuatro horas y desfavorable $H_0 < 24°$
- En el Verano: Se consideró favorable un ángulo $H_0 < 73°$ que permite que la fachada esté en sombra en arco solar sur, y desfavorable $H_0 > 73°$ que produce el soleamiento de la fachada durante las horas más calurosas del día.

Estudio de soleamiento		Consideraciones de proyecto
Suelo llano o en pendiente		
% fachadas bien orientadas		
Angulos de obstrucción solar		
Sombras arrojadas sobre espacio público		
% fahadas mal orientadas		
Albedo y reflexion		
Posibilidades de captación en cubiertas		
Zonas exteriores soleadas en invierno		
Zonas exteriores sombreadas en verano		

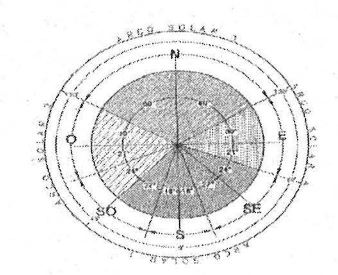




Ejecución de la ROSA DE ACIMUTES

Según las necesidades locales

Acimut solar en invierno	Acimut solar en verano	Altura solar en invierno	Altura solar en verano	Acimut equinocios



Rosa propuesta y justificación de los Arcos solares.

5º La humedad y el microclima local

Según los requerimientos de la carta bioclimática y el análisis del proyecto, evaluar:

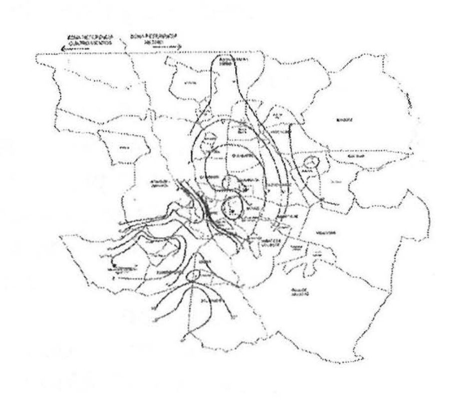
Estudio de humedad local	Consideraciones de proyecto
M^2 zona verde por habitante Forma de las zonas verdes: lineales, superficiales Localización de las zonas verdes, central periférica residual Especies existentes, perennes, caducas, ornamentales, productivas, otras Accesibilidad de la población a zonas verdes Albedo y reflexión de los pavimentos Permeabilidad de suelo Vegetación en fachadas Vegetación en cubiertas Existencia de fuentes, estanques, cauces, Agua en cubiertas	

6º Diagnosis final del tejido.

6. 1. Posición del tejido con respecto a la isla térmica urbana

ISLA TERMICA DE MADRID

En invierno y en verano, aparece un gradiente de mayor temperatura en el centro que en la periferia. Menor humedad ambiental y un régimen local de vientos diferenciado por la turbulencia provocada por las edificaciones



6.2 Verificación de los siguientes condicionantes

1. La red viaria del tejido.
   - La *orientación* de la estructura urbana principal:
   - La adaptación o no de las calles a la *topografía*, considerando calles con pendiente $< 5\%$, calles hasta 10%; o calles $>$ al 10%, con problemas de accesibilidad para los peatones.
   - Las *condiciones geométricas* de las calles, relacionando el ancho de las calles y plazas con la altura de la edificación (determinando el ángulo de obstrucción solar, H_o)
     1. En el Invierno: Se consideró favorable un ángulo $H_o > 24°$ que permite el soleamiento de fachadas en arco solar sur, sur-este, durante al menos cuatro horas y desfavorable $H_o < 24°$
     2. En el Verano: Se consideró favorable un ángulo $H_o < 73°$ que permite que la fachada esté en sombra en arco solar sur, y desfavorable $H_o > 73°$ que produce el soleamiento de la fachada durante las horas más calurosas del día.

2. La red de espacios libres y zonas verdes existentes.
   - Descripción y evaluación de las zonas verdes existentes en el tejido, atendiendo a consideraciones como : la *forma y dimensión* de los espacios libres y zonas verdes

(cuadrados, rectangulares, etc.); la situación abrigada o expuesta de los vientos dominantes en invierno o en verano, etc.
- o Definición de las *especies vegetales* existentes, diferenciando entre plantas perennes o caducas, y la existencia de plantas ornamentales: olorosas, decorativas, etc.

3. La red de equipamientos.
   - o Evaluación de la calidad de los equipamientos y la *diversidad* para formar una ciudad con múltiples opciones para sus habitantes.
   - o La *accesibilidad* peatonal o mediante transporte público a los equipamientos más sobresalientes de cada zona.
   - o Relación de los equipamientos con las zonas verdes y espacios libres.

4. Las manzanas.
   - o Descripción de las *condiciones geométricas* de las manzanas (tamaño, forma); la existencia de patios de manzana que favorecen el soleamiento y la iluminación en determinadas orientaciones (considerando que la orientación sur, sur-este o sur-oeste en las fachadas es la mas favorable).
   - o *Densidad edificatoria* del área, tomando como referencia adecuada entre 50-60 viv/Ha como una densidad equilibrada entre eficiencia energética de redes y servicios y diversidad urbana.

5. Las parcelas.
   - o Las *condiciones geométricas* de la parcela: superficies de parcela (grandes, medianas, pequeñas, con el patrón de referencia de la manzana de 100 x 100); detectar la presencia de parcelas góticas (alargada, con poco frente y largo fondo); u otras formas relevantes dentro del tejido analizado.
   - o La *ocupación* de las parcelas. Considerando una alta ocupación con pocos patios aquellas > 75% y con peores condiciones de ventilación e iluminación, frente a baja ocupación.
   - o La existencia de *patios* de parcela : pequeños, mancomunados, grandes, etc
   - o La *edificabilidad* máxima de las parcelas: considerando alta edificabilidad aquella > 1,75 m^2/m^2 que conlleva a la congestión urbana; y por el contrario, una baja edificabilidad < 0,30 m^2/m^2 que implica una excesiva dispersión y poca eficacia de redes, infraestructuras y servicios.

6. La edificación.
   - o Las *condiciones formales* de los edificios existentes considerando la estética urbana; sus características constructivas; los tipos de cubiertas; de cerramientos exteriores; etc.
   - o Las características de los *huecos*: su forma, su tamaño y la orientación de los mismos. Existencia de miradores y terrazas en fachada y su orientación, de cornisas sobre los huecos o de coronación y de elementos de sombreamiento exterior de los huecos.

RESUMEN DE CONDICIONANTES DEL MEDIO NATURAL PARA LA REDACCIÓN DE UNA ORDENANZA BIOCLIMATICA.

	Variables del medio natural					
Variables del medio urbano	**Sol**	**Vegetación**	**Viento**	**Agua**	**Geomorfología**	**Calidad del aire**
Red viaria	Orientación y forma	Localización	Orientación y velocidad	Microclima externo	Cond. soporte, aptitudes suelo y adap.	Diversidad de usos y transporte

					topografía	
Espacios libres	Orientación y forma	Especies, densidad y localización	Orientación y velocidad	Microclima externo	Condiciones del soporte y aptitudes del suelo	Ventilación
Condiciones de las manzanas	Orientación, geometría y densidad	--	Orientación, geometría y densidad	--	--	Ventilación
Condiciones de las parcelas	Geometría, alturas, ocupación y edificabilidad	--	Geometría, alturas y edificabilidad	--	--	Ventilación y renovación
Condiciones de la edificación	Control solar y acondicionamiento pasivo	--	Ventilación interna y disposición de huecos	Microclima interno	--	Ventilación y renovación

8º Propuesta de una Ordenanza Ambiental sobre el tejido, resolviendo las disfuncionalidades encontradas.

. condiciones de volumen y forma de la edificación (factor de forma, consideración de fachadas según orientación, tratamiento de los huecos según orientación y sombreamiento)

. condiciones de aprovechamiento urbanístico (edificabilidad máxima y elementos exentos, altura máxima, áticos, terrazas, vuelos, tratamiento de azoteas, balcones, miradores, aleros, cornisas, soportales, etc)

. condiciones de uso (usos característicos, autorizados, compatibles y prohibidos, en planta baja, planta primera, plantas de piso y azoteas o cubiertas. Situación del aparcamiento de vehículos y bicicletas)

. tratamiento de las plantas bajas (usos asociados, materiales y acabados, nuevos elementos para mejorar el microclima)

. otros elementos complementarios (energía solar térmica y fotovoltaica, compostaje de residuos vegetales, tratamiento de identidad del espacio urbano (portales, hitos, sendas, y nodos), acabados superficiales permeabilidad y reflexión, etc)

ANEXO: RECOMENDACIONES PARA UNA ORDENANZA BIOCLIMATICA EN MADRID

Como ejemplo final, se enuncian algunas de las recomendaciones generales para la Ordenanza Bioclimática de un tejido madrileño, sin diferenciación por tipología edificatoria.

Resumen de las condiciones bioclimáticas recomendadas para la edificación residencial en Madrid		
Invierno	Necesidad	Estrategia
	De radiación solar	Orientación de la fachada al sur
		Miradores acristalados al sur
	Equilibrio temperaturas día-noche	Aislamiento térmico en los cerramientos exteriores
	Evitar fugas térmicas	Ventanas pequeñas al norte
		Cerramientos estancos
	Necesidad	Estrategia

Verano	Ventilación cruzada	Viviendas pasantes a dos fachadas, o en esquina
	Control radiación solar incidente en los huecos	Sombreamiento exterior de ventanas y terrazas, en orientación sur, sur-este y sur-oeste
		Pocas ventanas al oeste y siempre con protecciones exteriores que sombreen el hueco.
	Mejora microclima exterior junto a las fachadas (sobre todo la oeste)	Presencia de arbolado caduco
		Presencia de láminas de agua

Art. 6 Morfologia urbana:

6.1.- La orientación de las calles residenciales debe ser este-oeste, ya que garantiza una mayor presencia de fachadas sur, frente al resto en tipologías de alineación a vial (manzanas cerradas, semicerradas o abiertas).

6.2.- Se debe consideración el ángulo de obstrucción solar (relación entre distancia entre fachadas y altura de la edificación) de forma que sea superior a 24°, de esta forma se garantiza la entrada de sol en las plantas bajas en el invierno en fachadas orientadas al sur.

6.3.- Tratamiento diferenciado de fachadas según su orientación, en materiales, cantidad, forma y disposición de los huecos y sus elementos de protección o captación solar; asi como la distribución interior de las viviendas, al objeto de tener en todas, los salones y estancias al sur, sur-este, las cocinas, baños y despensas al norte, y siempre protección extraordinaria de huecos en orientación oeste.

6.4.- Propiciar la existencia de patios de parcela o manzana que garanticen la ventilación cruzada y mejoren la iluminación natural. Utilizar los patios de manzana para crear microclimas interiores con vegetación y agua. Si tiene aparcamientos subterráneas, condicionar a la colocación de tierra vegetal para estos objetivos.

6.5.- Establecer una densidad neta de 75 viv/Ha. Garantiza los servicios urbanos, rentabiliza las infraestructuras y redes, potencia los intercambios personales, y optimiza las dotaciones y equipamientos.

6.6.- Oportunidad de diseño de azoteas o cubiertas ecológicas. Las viviendas con azoteas posibilitan la colocación de paneles solares, cubiertas verdes o cubiertas aljibe.

6.7.- Establecer fondos edificados variables según la orientación de las crujías, para intentar tener el máximo de viviendas en orientación sur. También proyectar alturas variables según la orientación, favoreciendo que haya mas viviendas en la orientación sur que en el resto.

6.8.- Evitar el acceso único a grandes manzanas, que dejan la calle sin paso peatonal, sin posibilidad de usos en planta baja, y aumenta la inseguridad en las mismas, y disminuye la posibilidad del comercio en las plantas bajas

Art. 7. Microclima urbano

7.1.- Presencia de zonas verdes caducas junto a las edificaciones ya que garantizan el soleamiento invernal y la sombra estival

7.2.- Presencia de vegetación en la ordenaciones residenciales ya que aumenta la humedad relativa, la fijación de contaminantes y la atenuación del ruido aéreo. Además se reducen los efectos negativos de la isla urbana de calor provocada por los contaminantes urbanos en zonas de alta densidad.

7.3.- Protección de los espacios exteriores residenciales de los vientos fríos , para favorecer el

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Tabla D.1 zonas climáticas. CTE DB HE1

2.- Definir la envolvente

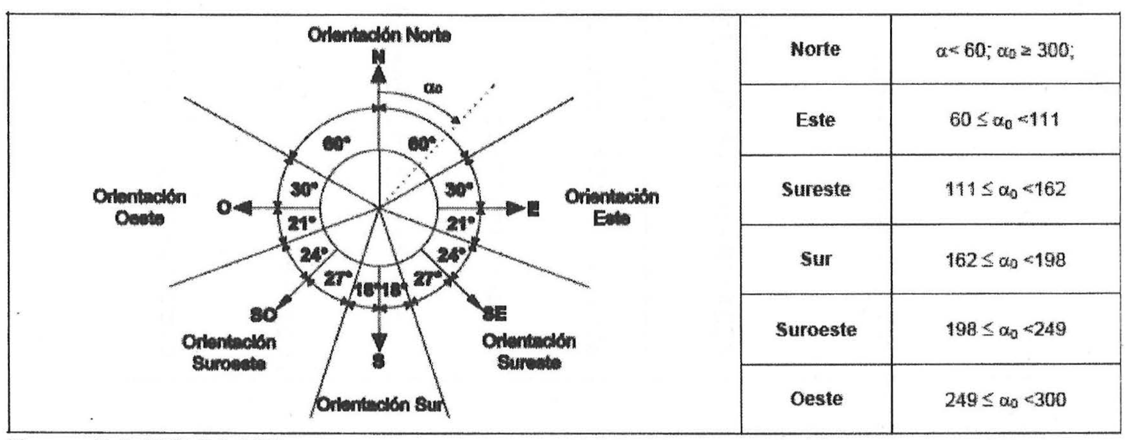
La *envolvente térmica* del edificio está compuesta por todos los *cerramientos* que limitan *espacios habitables* con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las *particiones interiores* que limitan los *espacios habitables* con los *espacios no habitables* que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior. Entendemos por espacio habitable el recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
b) aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
e) cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores, en edificios de cualquier uso;
f) zonas comunes de circulación en el interior de los edificios;
g) cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.

Se consideran recintos no habitables aquellos no destinados al uso permanente de personas o cuya ocupación por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo justifica unas condiciones de salubridad adecuadas. En esta categoría se incluyen explícitamente como no habitables los garajes, trasteros, las cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes. Una vez definida la envolvente térmica, esta se puede clasificar en diferentes elementos:

a) **cubiertas**, comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60º respecto a la horizontal.
Aquí estarán las cubiertas planas o inclinadas (aire-aire), y ciertas particiones horizontales, como el forjado que separa la zona habitable de la zona bajocubierta no habitable.
b) **suelos**, comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un *espacio no habitable.*
En suelos estarán las soleras caso I, forjados sobre espacio exterior y forjado sobre cámara de aire (forjado sanitario).
c) **fachadas**, comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60º respecto a la horizontal.

Se agrupan en 6 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura 3.1. del CTE DB HE1. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo α que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario;



Norte	$\alpha < 60$; $\alpha_0 \geq 300$;
Este	$60 \leq \alpha_0 < 111$
Sureste	$111 \leq \alpha_0 < 162$
Sur	$162 \leq \alpha_0 < 198$
Suroeste	$198 \leq \alpha_0 < 249$
Oeste	$249 \leq \alpha_0 < 300$

Figura 3.1 CTE DB HE1

d) **medianerías**, comprenden aquellos *cerramientos* que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada.
e) **cerramientos en contacto con el terreno**, comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno.
Este tipo de cerramiento, son muros enterrados o semienterrados y soleras caso II y cubiertas enterradas.
f) **particiones interiores,** comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.
Las particiones interiores horizontales se clasificaran como cubiertas y las verticales como fachadas.

Tantos las fachadas como las cubiertas, pueden tener una parte opaca y otra parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) y lucernarios de cubiertas.

Además es importante tener en cuenta, que en la envolvente pueden existir puentes térmicos[4]. Los puentes térmicos que se definen en el Catálogo de elementos constructivos del CTE son los siguientes:

[4] **Puentes térmicos:**
Parte de la envolvente térmica de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente debido a:
a) penetraciones completas o parciales en el cerramiento de un edificio, de materiales con diferente conductividad térmica;

1 Pilar integrado en fachada (Pi)
2 Pilar en esquina (Pe)
3 Jamba (J)
4 Dintel (D)
5 Alfeizar (A)
6 Caja de persiana (C)
7 Encuentro de fachada con forjado (Fo)
8 Encuentro de fachada con voladizo (Fv)
9 Encuentro de fachada con cubierta plana (Qp)
10 Encuentro de fachadas en esquina (E)
11 Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire (Fa)
12 Encuentro de fachada con solera (S)
13 Encuentro de fachada con partición interior (I)

De todos ellos el 1, 3, 4, 5 y 6, los vamos a valorar. Para ello usaremos el Catalogo de elementos constructivos del CTE.

3.- Calcular las transmitancias térmicas de la envolvente

Para el cálculo de las trasnmitancias, utilizamos el Apéndice E Cálculo de los parámetros característicos de la demanda del CTE DB HE1

3.1.- Cerramientos en contacto con el aire exterior

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los *cerramientos* en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior. De la misma forma se calcularán los puentes térmicos integrados en los citados cerramientos cuya superficie sea superior a 0,5 m^2

La transmitancia térmica U (W/m^2K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = 1/R_T$$

Donde R_T es la suma de la resistencia de todas las capas que forman el cerramiento más las resistencias térmicas superficiales interior y exterior.

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R_n = e/\lambda$$

Siendo: e el espesor en m

λ la conductividad térmica, tomada de Documentos Reconocidos, W/m K

Las resistencias térmicas superficiales se tomaran de la siguiente tabla:

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m^2K/W. CTE DB HE1

b) un cambio en el espesor de la fábrica; o
c) una diferencia entre las áreas internas o externas, tales como juntas entre paredes, suelos, o techos.

En caso de que exista una cámara de aire, y en función del grado de ventilación la resistencia de esta es:

1.- Sin ventilar:

e (cm)	Horizontal	Vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

2.- Ligeramente ventiladas, grado de ventilación:

i) 500 $mm^2 < S_{aberturas} \leq 1500\ mm^2$ por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
ii) 500 $mm^2 < S_{aberturas} \leq 1500\ mm^2$ por m^2 de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de una cámara de aire ligeramente ventilada es:

e (cm)	Horizontal	Vertical
1	0,075	0,075
2	0,08	0,085
5	0,08	0,09

3.- Muy ventilada: aquella en que los valores de las aberturas exceden:
i) 1500 mm^2 por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
ii) 1500 mm^2 por m^2 de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.

La medianería se calculará como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias superficiales como interiores.

3.2.-Cerramientos en contacto con el terreno

3.2.1 Suelos en contacto con el terreno

Estamos en el caso de las soleras. Estas dependiendo de la profundidad a la que se encuentren serán Caso I o Caso II.

Para simplificar el cálculo de la practica, suponemos Caso i, por lo que procederemos de la siguiente forma:

A.- Solera Caso I. Sin aislamiento

1.- Calculo de la longitud característica B', como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro, según la expresión:

$$B' = A/0,5\ P$$

siendo

P la longitud del perímetro de la solera [m];
A el área de la solera [m^2].

2.- En función de B´, se obtiene la transmitancia de la siguiente tabla:

	R_a
B'	0,00
1	2,35
5	0,85
6	0,74
7	0,66
8	0,60
9	0,55
10	0,51
12	0,44
14	0,39
16	0,35
18	0,32
≥20	0,30

Primeras columnas de la Tabla E.3 Transmitancia térmica US en W/m² K

3.- Con B´= 1, se calcula en la anterior tabla la transmitancia del primer metro perimetral.

B.- Solera Caso I. Con aislamiento

1.- Calculo de la longitud característica B', como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro, según la expresión:

B´= A/0,5 P

siendo

P la longitud del perímetro de la solera [m];

A el área de la solera [m²].

2.- Se calcula la resistencia del material aislante, $R_a = e/\lambda$ (m²K/W)

3.- Se define el ancho D, del material aislante

4.- Con los datos anteriores, B´, R_a y D, se obtiene la transmitancia en la siguiente tabla:

D = 0.5 m R_a (m² K/W)					D = 1.0 m R_a (m² K/W)					D ≥ 1.5 m R_a (m² K/W)				
0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

Resto de columnas de la Tabla E.3 Transmitancia térmica US en W/m² K

5.- Con B´= 1, se calcula en la anterior tabla la transmitancia del primer metro perimetral.

3.2.2 Muros en contacto con el terreno

Entendemos que no habrá ninguna vivienda con cerramientos enterrados, pero si puede ser semienterrados ([a] partir de una profundidad de 0.50 m). El método de cálculo será el siguiente:

1.- Calculamos la resistencia térmica del muro, sin resistencias térmicas superficiales, R_m
2.- Definimos la profundidad, z (m), a la que el cerramiento esta enterrado.
3.- En la tabla siguiente, en función de la R_m y la z, se obtiene la transmitancia:

	Profundidad z de la parte enterrada del muro (m)					
Rm (m^2 K/W)	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

Tabla E.5 Transmitancia térmica de muros enterrados UT en W/m^2 K

4.- Se debe calcular la transmitancia del Reimer metro perimetral, para lo que en función de R_m y con z= 1, en la anterior tabla se obtendrá dicha transmitancia.

3.2.3 Cubiertas enterradas

En caso de calcular una vivienda en última planta, cuya cubierta tenga una capa de tierra, la resistencia térmica de esta capa será:

$$R_{tierra} = e/2 \ (m^2K/W)$$

Dicha resistencia se sumara a la resistencia del resto de las capas que formen la cubierta.

3.3 *Particiones interiores* en contacto con *espacios no habitables*

Acotamos la partición interior, en dos topologías, por una parte el forjado que separa las viviendas del garaje, y la otra el forjado que separa las viviendas de la cubierta de tabiquillos palomeros. En ambos casos el calculo será el siguiente:

1.- Calculamos el coeficiente de reducción de temperatura *b*, para ello:

Tratamos ambos espacios como muy ventilados, por lo que estamos en el CASO 2 de ventilación.
Calculamos *Aue*, el área del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior y *Aiu* el área del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable.*
Definimos la situación, si existe, del aislante, siendo las tres posibilidades las siguientes:

1. Aislamiento en la partición, **No aislado$_{ue}$- Aislado$_{iu}$**
2. Sin aislamiento, **No aislado$_{ue}$- No aislado$_{iu}$**
3. Aislamiento en la no partición, **Aislado$_{ue}$- No aislado$_{iu}$**

Con esos tres datos, obtenemos de la siguiente tabla el valor de *b*:

	No aislado$_{ue}$- Aislado$_{iu}$		No aislado$_{ue}$-No aislado$_{iu}$		Aislado$_{ue}$-No aislado$_{iu}$	
A_{iu}/A_{ue}	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0.25 ≤0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤0.75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0.75 ≤1.00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1.00 ≤1.25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1.25 ≤2.00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2.00 ≤2.50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2.50 ≤3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura b

2.- Calculamos la transmitancia de la partición, con dos resistencias superfciciales internas, U_p

3.- De la expresión siguiente, se obtiene la transmitancia térmica de la partición interior:

$$U = U_p \cdot b \ (W/m^2K)$$

3.4 Huecos acristalados

Se definirán las transmitancias térmicas de los huecos acristalados, para ello se utilizaran las siguientes tablas:

4.3.1 Ventanas. Caracteristicas higrotérmicas

4-3.1.1 Ventanas sencillas

4.3.1.1.1 Marco metálico, sin rotura de puente térmico. Sin capialzado.

HUECO sin capialzado									
MARCO METÁLICO sin rotura de puente térmico				Umarco	5,7				
Acristalamiento incoloro vertical									
HE									
Composición		Vidrios normales				1 vidrio normal + 1 vidrio de baja emisividad			
Tipo	Espesor (mm)	Fracción de marco[1] 20%		Fracción de marco[1] 40%		Fracción de marco[1] 20%		Fracción de marco[1] 40%	
		U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]
Vidrio sencillo	4	5,7		5,7		-	-	-	-
	6	5,7		5,7		-	-	-	-
	8	5,6	0,72	5,7	0,58	-	-	-	-
	10	5,6		5,6		-	-	-	-
	12	5,5		5,6		-	-	-	-
Vidrio laminar[4]	3+3	5,6		5,7		-	-	-	-
	4+4	5,6		5,6		-	-	-	-
	6+6	5,5	0,68	5,5	0,55	-	-	-	-
	8+8	5,4		5,5		-	-	-	-
	10+10	5,3		5,4		-	-	-	-
Unidades de vidrio aislante[5]	(4...6)-6-(4...10)	3,8		4,2		3,3		3,9	
	(4...6)-9-(4...10)	3,5		4,1		3,0		3,7	
	(4...6)-12-(4...10)	3,4	0,64	4,0	0,53	2,8	0,54	3,5	0,45
	(4...6)-15-(4...10)	3,3		3,9		2,6		3,4	
	(4...6)-20-(4...10)	3,3		3,9		2,6		3,4	
Unidades de vidrio aislante y vidrio laminar[4][5][6]	(4...6)-6-(4+4 ... 6+6)	3,7		4,2		3,3		3,9	
	(4...6)-9-(4+4 ... 6+6)	3,5		4,1		2,9		3,6	
	(4...6)-12-(4+4 ... 6+6)	3,4	0,64	4,0	0,51	2,7	0,48	3,5	0,4
	(4...6)-15-(4+4 ... 6+6)	3,3		3,9		2,6		3,4	
	(4...6)-20-(4+4 ... 6+6)	3,3		3,9		2,6		3,4	

4.3.1.1.2 Marco metálico, con rotura de puente térmico de espesor comprendido entre 4 y 12 mm. Sin capialzado

HUECO sin capialzado									
MARCO METÁLICO con rotura de puente térmico 4 mm ≤ d < 12 mm						Umarco	4		
Acristalamiento incoloro vertical									
HE									
Composición		Vidrios normales				1 vidrio normal + 1 vidrio de baja emisividad			
		Fracción de marco(1)				Fracción de marco(1)			
Tipo	Espesor	20%		40%		20%		40%	
	(mm)	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)
Vidrio sencillo	4	5,4		5,0		-	-	-	-
	6	5,3		5,0		-	-	-	-
	8	5,3	0,71	5,0	0,56	-	-	-	-
	10	5,2		4,9		-	-	-	-
	12	5,2		4,9		-	-	-	-
Vidrio laminar(4)	3+3	5,3		5,0		-	-	-	-
	4+4	5,2		4,9		-	-	-	-
	6+6	5,2	0,67	4,9	0,53	-	-	-	-
	8+8	5,1		4,8		-	-	-	-
	10+10	5,0		4,7		-	-	-	-
Unidades de vidrio aislante(5)	(4...6)-6-(4...10)	3,4		3,6		3,0		3,2	
	(4...6)-9-(4...10)	3,2		3,4		2,6		3,0	
	(4...6)-12-(4...10)	3,1	0,63	3,3	0,51	2,4	0,53	2,8	0,43
	(4...6)-15-(4...10)	3,0		3,2		2,3		2,7	
	(4...6)-20-(4...10)	3,0		3,2		2,3		2,7	
Unidades de vidrio aislante y vidrio laminar(4)(5)(6)	(4...6)-6-(4+4 ... 6+6)	3,4		3,5		2,9		3,2	
	(4...6)-9-(4+4 ... 6+6)	3,2		3,4		2,6		3,0	
	(4...6)-12-(4+4 ... 6+6)	3,0	0,63	3,3	0,49	2,4	0,47	2,8	0,38
	(4...6)-15-(4+4 ... 6+6)	3,0		3,2		2,3		2,7	
	(4...6)-20-(4+4 ... 6+6)	3,0		3,2		2,3		2,3	

4.3.1.1.3 Marco metálico, con rotura de puente térmico de espesor mayor que 12 mm. Sin capialzado.

HUECO sin capialzado									
MARCO METÁLICO con rotura de puente térmico d ≥ 12 mm						Umarco	3,3		
Acristalamiento incoloro vertical									
HE									
Composición		Vidrios normales				1 vidrio normal + 1 vidrio de baja emisividad			
		Fracción de marco(1)				Fracción de marco(1)			
Tipo	Espesor	20%		40%		20%		40%	
	(mm)	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)
Vidrio sencillo	4	5,2		4,7		-	-	-	-
	6	5,2		4,7		-	-	-	-
	8	5,1	0,70	4,7	0,55	-	-	-	-
	10	5,1		4,6		-	-	-	-
	12	5,0		4,6		-	-	-	-
Vidrio laminar(4)	3+3	5,1		4,7		-	-	-	-
	4+4	5,1		4,6		-	-	-	-
	6+6	5,0	0,66	4,5	0,52	-	-	-	-
	8+8	4,9		4,5		-	-	-	-
	10+10	4,8		4,4		-	-	-	-
Unidades de vidrio aislante(5)	(4...6)-6-(4...10)	3,3		3,2		2,8		2,9	
	(4...6)-9-(4...10)	3,0		3,1		2,5		2,7	
	(4...6)-12-(4...10)	2,9	0,63	3,0	0,50	2,3	0,52	2,5	0,42
	(4...6)-15-(4...10)	2,8		2,9		2,1		2,4	
	(4...6)-20-(4...10)	2,8		2,9		2,1		2,4	
Unidades de vidrio aislante y vidrio laminar(4)(5)(6)	(4...6)-6-(4+4 ... 6+6)	3,2		3,2		2,8		2,9	
	(4...6)-9-(4+4 ... 6+6)	3,0		3,1		2,4		2,6	
	(4...6)-12-(4+4 ... 6+6)	2,9	0,63	3,0	0,48	2,2	0,46	2,5	0,37
	(4...6)-15-(4+4 ... 6+6)	2,8		2,9		2,1		2,4	
	(4...6)-20-(4+4 ... 6+6)	2,8		2,9		2,1		2,4	

4.3.1.1.4 Marco de madera. Sin capialzado.

HUECO sin capialzado									
MARCO DE MADERA de 500 kg/m³ de densidad						Umarco	2,2		
Acristalamiento incoloro vertical									
HE									
Composición		Vidrios normales				1 vidrio normal + 1 vidrio de baja emisividad			
Tipo	Espesor	Fracción de marco[1] 20%		Fracción de marco[1] 40%		Fracción de marco[1] 20%		Fracción de marco[1] 40%	
	(mm)	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]
Vidrio sencillo	4	5,0		4,3		-	-	-	-
	6	5,0		4,3		-	-	-	-
	8	4,9	0,69	4,3	0,54	-	-	-	-
	10	4,9		4,2		-	-	-	-
	12	4,8		4,2		-	-	-	-
Vidrio laminar[4]	3+3	4,9		4,3		-	-	-	-
	4+4	4,9		4,2		-	-	-	-
	6+6	4,8	0,65	4,1	0,51	-	-	-	-
	8+8	4,7		4,1		-	-	-	-
	10+10	4,6		4,0		-	-	-	-
Unidades de vidrio aislante[5]	(4...6)-6-(4...10)	3,1		2,8		2,6		2,5	
	(4...6)-9-(4...10)	2,8		2,7		2,3		2,3	
	(4...6)-12-(4...10)	2,7	0,62	2,6	0,48	2,1	0,52	2,1	0,41
	(4...6)-15-(4...10)	2,6		2,5		1,9		2,0	
	(4...6)-20-(4...10)	2,6		2,5		1,9		2,0	
Unidades de vidrio aislante y vidrio laminar[4][5][6]	(4...6)-6-(4+4 ... 6+6)	3,0		2,8		2,6		2,5	
	(4...6)-9-(4+4 ... 6+6)	2,8		2,7		2,2		2,2	
	(4...6)-12-(4+4 ... 6+6)	2,7	0,62	2,6	0,47	2,0	0,45	2,1	0,36
	(4...6)-15-(4+4 ... 6+6)	2,6		2,5		1,9		2,0	
	(4...6)-20-(4+4 ... 6+6)	2,6		2,5		1,9		2,0	

4.3.1.1.5 Marco de PVC, con dos cámaras. Sin capialzado

HUECO sin capialzado									
MARCO DE PVC, con dos cámaras						Umarco	2,2		
Acristalamiento incoloro vertical									
HE									
Composición		Vidrios normales (1)				1 vidrio normal + 1 vidrio de baja emisividad			
Tipo	Espesor	Fracción de marco[1] 20%		Fracción de marco[1] 40%		Fracción de marco[1] 20%		Fracción de marco[1] 40%	
	(mm)	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]	U_H ($W/m^2 \cdot K$)	$\frac{F_H}{F_S}$ [2][3]
Vidrio sencillo	4	5,0		4,3		-	-	-	-
	6	5,0		4,3		-	-	-	-
	8	4,9	0,69	4,3	0,54	-	-	-	-
	10	4,9		4,2		-	-	-	-
	12	4,8		4,2		-	-	-	-
Vidrio laminar[4]	3+3	4,9		4,3		-	-	-	-
	4+4	4,9		4,2		-	-	-	-
	6+6	4,8	0,65	4,1	0,51	-	-	-	-
	8+8	4,7		4,1		-	-	-	-
	10+10	4,6		4,0		-	-	-	-
Unidades de vidrio aislante[5]	(4...6)-6-(4...10)	3,1		2,8		2,6		2,5	
	(4...6)-9-(4...10)	2,8		2,7		2,3		2,3	
	(4...6)-12-(4...10)	2,7	0,62	2,6	0,48	2,1	0,52	2,1	0,41
	(4...6)-15-(4...10)	2,6		2,5		1,9		2,0	
	(4...6)-20-(4...10)	2,6		2,5		1,9		2,0	
Unidades de vidrio aislante y vidrio laminar[4][5][6]	(4...6)-6-(4+4 ... 6+6)	3,0		2,8		2,6		2,5	
	(4...6)-9-(4+4 ... 6+6)	2,8		2,7		2,2		2,2	
	(4...6)-12-(4+4 ... 6+6)	2,7	0,62	2,6	0,47	2,0	0,45	2,1	0,36
	(4...6)-15-(4+4 ... 6+6)	2,6		2,5		1,9		2,0	
	(4...6)-20-(4+4 ... 6+6)	2,6		2,5		1,9		2,0	

4.3.1.1.6 Marco de PVC, con tres cámaras. Sin capialzado

HUECO sin capialzado
MARCO DE PVC, con tres cámaras — Umarco 1,8
Acristalamiento incoloro vertical

Composición		HE							
		Vidrios normales (1)				1 vidrio normal + 1 vidrio de baja emisividad			
		Fracción de marco(1)				Fracción de marco(1)			
Tipo	Espesor (mm)	20% U_H (W/m²·K)	F_H/F_S (2)(3)	40% U_H (W/m²·K)	F_H/F_S (2)(3)	20% U_H (W/m²·K)	F_H/F_S (2)(3)	40% U_H (W/m²·K)	F_H/F_S (2)(3)
Vidrio sencillo	4	5,0	0,69	4,2	0,53	-	-	-	-
	6	4,9		4,1		-	-	-	-
	8	4,9		4,1		-	-	-	-
	10	4,8		4,1		-	-	-	-
	12	4,8		4,0		-	-	-	-
Vidrio laminar(4)	3+3	4,9	0,65	4,1	0,50	-	-	-	-
	4+4	4,8		4,1		-	-	-	-
	6+6	4,7		4,0		-	-	-	-
	8+8	4,6		3,9		-	-	-	-
	10+10	4,5		3,8		-	-	-	-
Unidades de vidrio aislante(5)	(4...6)-6-(4...10)	3,0	0,62	2,7	0,48	2,5	0,52	2,3	0,4
	(4...6)-9-(4...10)	2,8		2,5		2,2		2,1	
	(4...6)-12-(4...10)	2,6		2,4		2,0		1,9	
	(4...6)-15-(4...10)	2,6		2,4		1,8		1,8	
	(4...6)-20-(4...10)	2,6		2,4		1,8		1,8	
Unidades de vidrio aislante y vidrio laminar(4)(5)(6)	(4...6)-6-(4+4 ... 6+6)	2,9	0,62	2,6	0,46	2,5	0,45	2,3	0,35
	(4...6)-9-(4+4 ... 6+6)	2,7		2,5		2,2		2,1	
	(4...6)-12-(4+4 ... 6+6)	2,6		2,4		2,0		1,9	
	(4...6)-15-(4+4 ... 6+6)	2,5		2,3		1,8		1,8	
	(4...6)-20-(4+4 ... 6+6)	2,5		2,3		1,8		1,8	

4.3.1.2 Ventanas dobles

VENTANAS DOBLES
Distancia entre ventanas, d ≥ 10 cm

Ventana exterior		Ventana interior		HE							
Acristalamiento		Acristalamiento		Vidrios normales				1 vidrio normal + 1 vidrio de baja emisividad(1)			
				Fracción de marco(2)				Fracción de marco(2)			
Tipo	Espesor (mm)	Tipo	Espesor (mm)	20% U_H (W/m²·K)	F_H/F_S (3)(4)	40% U_H (W/m²·K)	F_H/F_S (3)(4)	20% U_H (W/m²·K)	F_H/F_S (3)(4)	40% U_H (W/m²·K)	F_H/F_S (3)(4)
Vidrio sencillo	6	unidad de vidrio aislante	4-6-(4...8)	2,3	0,59	2,5	0,46	2,1	0,54	2,3	0,43
			4-9-(4...8)	2,2		2,4		2,0		2,3	
			4-12-(4...8)	2,1		2,4		1,9		2,2	
	8		4-6-(4...8)	2,3	0,57	2,5	0,45	2,1	0,53	2,3	0,42
			4-9-(4...8)	2,2		2,4		2,0		2,2	
			4-12-(4...8)	2,1		2,4		1,9		2,2	
unidad de vidrio aislante	4-6-(4...8)	unidad de vidrio aislante	4-6-(4...8)	1,9	0,54	2,2	0,42	1,8	0,49	2,1	0,39
			4-9-(4...8)	1,8		2,1		1,7		2,0	
			4-12-(4...8)	1,8		2,1		1,6		1,9	

4.- Proponer mejoras

Las medidas pasivas serán actuaciones en la envolvente térmica del edificio.

- Aislamiento de cubierta.
- Aislamiento de muros de fachadas (principales, patios y medianerías).
- Cambio de los huecos de fachada (carpinterías, vidrios y otros elementos de cierre).
- Aislamiento de suelos.

5.- Valorar la eficacia de dichas mejoras, rellenando las fichas de la EMV

TEMA 5: Metodología de Evaluación para el Programa de Ayudas a las Actuaciones de Rehabilitación para la Mejora de la Sostenibilidad y Eficiencia Energética de las Edificaciones. Fichas EMVS.

Profesoras: Emilia Román y Teresa Eiroa

1. Antecedentes

El presente documento es un trabajo de investigación realizado, en el año 2008, por encargo de la Empresa Municipal de Vivienda y Suelo del Ayuntamiento de Madrid (EMVS). En este estudio se ponen en práctica las conclusiones de los trabajos de investigación sobre Rehabilitación Sostenible de viviendas de los barrios en el Centro y en las Periferias de Madrid, realizados anteriormente por el mismo grupo de investigación (GIAU+S) de la *Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM,* para la EMVS. Los autores del trabajo son los siguientes: *Margarita de Luxán García de Diego, Mar Barbero Barrera, Raquel Díez Abarca, Gloria Gómez Muñoz, Emilia Román López*

2. Objeto

El objeto del estudio es establecer una metodología sencilla que fije los criterios de evaluación para la concesión de subvenciones dentro del *Programa de Ayudas a las Actuaciones de Rehabilitación para la Mejora de la Sostenibilidad y Eficiencia Energética de las Edificaciones.* Pretende aportar datos y clarificar ideas en relación a los programas de rehabilitación energética de viviendas promovidos desde las administraciones públicas.

3. Introducción

3.1 Rehabilitación sostenible

El carácter sostenible de la rehabilitación, como opción en la política urbana y de alojamiento, ha sido teorizado frecuentemente y, en ocasiones, en contraposición con la obra nueva. Así, el catedrático Günther Moewes afirmaba que básicamente, sólo existen tres procesos que pueden conducir razonablemente a reducir las necesidades energéticas o la carga sobre el medio ambiente la rehabilitación de edificios existentes (Moewes, 1977):

- La rehabilitación de edificios existentes
- la sustitución de antiguos edificios ecológicamente despilfarradores por nuevas formas de bajo consumo
- y el cierre de intersticios entre edificios.

El *Programa de Ayudas de Sostenibilidad y Eficiencia Energética de las edificaciones para Madrid*, se dirige al primero de estos objetivos: **la rehabilitación de edificios existentes**, siendo además el más amplio cuantitativamente en la ciudad.
El componente principal del consumo energético en la edificación es el debido al uso cotidiano del edificio. En general, el despilfarro en un edificio se produce cuando se dan dos condiciones:

- Uso intensivo de instalaciones (calefacción y acondicionamiento de aire, alumbrado, etc.)
- Comportamiento extremadamente disipativo del edificio (por ejemplo, edificios sin aislamiento y/o sin inercia térmica)

Además las distintas condiciones climáticas específicas de la ciudad de Madrid, y la diversidad en la composición de las edificaciones destinadas a vivienda que se encuentran en ella, condicionan las posibilidades de mejora y las soluciones más adecuadas en cada caso.

3.2 Reducción del consumo energético

Como hemos comentado anteriormente dentro de los criterios medioambientales para la rehabilitación sostenible de las edificaciones, uno de los más importantes, es la **reducción del consumo energético durante la vida útil** del mismo.
Actualmente no hay datos específicos sobre los consumos de las viviendas en Madrid. Algunos datos sobre este tema han sido recogidos por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) en estudios como la Guía Práctica de la Energía: consumo eficiente y responsable. Dichos datos, al ser valores medios para toda España, pueden llegar a ser contradictorios en algunas ocasiones debido a las diferencias climáticas de la península, y por tanto a las distintas necesidades para alcanzar el confort. Por ejemplo la estimación del consumo de energía por el uso de aire acondicionado (1%) no puede ser igual en Asturias que en Andalucía.
A partir de dichos datos se ha reelaborado la tabla 1, sobre el consumo energético de la vivienda media española por usos:

Tabla 1. Consumos de energía en la vivienda media española por usos

Climatización (calefacción + refrigeración)	49 %
Iluminación	8 %
Cocina	10 %
Electrodomésticos	12 %
Agua Caliente	20 %
Agua (Transporte)	1 %

De los datos anteriores se deduce que **el mayor ahorro energético derivará de la disminución del consumo en climatización** (49%)
Si aplicamos medidas de ahorro energético en una vivienda media española perteneciente a un grupo edificado en los años 80, es decir posterior a la puesta en vigor de la NBE-CT-79, podemos conseguir los siguientes valores [(1)]

Tabla 2. Posibles ahorros parciales respecto al consumo medio por vivienda

Consumo energético medio por vivienda		**Posibles ahorros parciales**		**Valoración en el total**
Climatización	49%	Aislamiento muros y cubierta	18 %	17,64 %
		Carpintería y vidrios	18 %	
		Total	36 %	
Iluminación	8%	Sistemas de bajo consumo	25 %	2,00 %
Cocina	10%		-	-
Electrodomésticos	12%	Eficiencia energética (etiqueta energética)	10 %	1,20 %
Agua caliente	20%	Placas solares	50 %	10,00 %
Agua (Transporte)	1%	Ahorro en consumo de griferías	20 %	0,20 %

Con estos resultados observamos que **es en el aislamiento de la envolvente del edificio donde es más eficaz aplicar las ayudas**, para conseguir el mayor ahorro energético y la mayor disminución de la contaminación derivada. Hay que destacar la importancia de las medidas pasivas, en relación con la mejora del aislamiento de fachadas, patios y vidrios, respecto a la

posibilidad de mejorar la eficiencia en los sistemas activos. Otro dato muy importante, para **priorizar las ayudas a los sistemas de mejoras pasivas**, es la duración de la vida útil de la acción de mejora: mientras la de los elementos constructivos se aprecia en 50 años, la de los equipos oscila entre 10 y 20 años. **Las mejoras pasivas**, por tanto, también **son más eficaces en el tiempo**.

4. Ámbito de aplicación

4.1 Normativas aplicadas y estado de conservación de los edificios

Una de las consideraciones más importantes a tener en cuenta es la normativa térmica de obligado cumplimiento que ha ido existiendo en España. Las primeras medidas encaminadas a la consecución de un ahorro energético a través de una adecuada construcción de los edificios en España fueron adoptadas a través del Decreto 1490 del año 1975, haciendo frente así a los problemas derivados del encarecimiento de la energía tras las crisis del año 73. Pero no fue hasta **1979, con el Real Decreto 2429**, cuando se aprobó la **Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas en los Edificios**, con la que se confirmaron esas primeras medidas adoptadas.

Por otro lado, entre los años 1975 y 1980 el sector de la construcción de viviendas entró en crisis. A consecuencia del fuerte encarecimiento de la producción la actividad se ralentizó y la demanda sufrió una importante caída. Por tanto la mayor parte de las viviendas construidas durante las dos décadas de desarrollismo (60 y 70), fueron construidas antes de 1975. Además, según el Centro Nacional de Energías Renovables **los cerramientos anteriores a 1980 no suelen tener ningún aislamiento**. Esto significa que **el 80% del parque de la ciudad de Madrid es potencialmente ineficiente en términos energéticos**.

Un análisis pormenorizado de los barrios que componen cada uno de los distritos madrileños resulta esclarecedor en este sentido: orientar las actuaciones de rehabilitación hacia aquellos barrios susceptibles de poseer el mayor porcentaje de edificios ineficientes resulta de una gran importancia.

La figura 1 recoge los datos del Censo de Población y Vivienda de 2001 (los últimos disponibles) y muestra, dentro de cada barrio, el porcentaje de edificios construidos antes de 1980 [2]

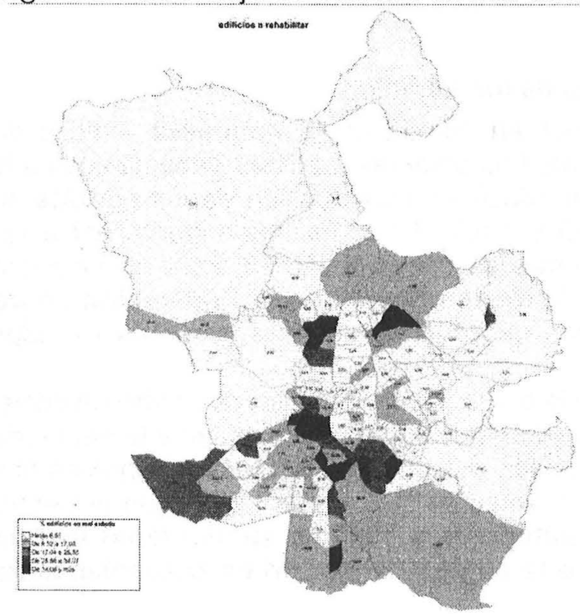
Figura 1. Porcentaje de edificios construidos antes de 1980 por barrios



Otro factor importante a la hora de determinar las prioridades de actuación en Madrid, es conocer aquellos barrios en los que los edificios muestran unas mayores **necesidades de rehabilitación**

física. Aprovechar la necesaria intervención para que esta rehabilitación se haga con criterios de sostenibilidad no sólo es aconsejable, sino que resulta importantísimo para la mejora global de la ciudad en este sentido. De esta manera, además, el sobrecoste de aplicar los criterios de sostenibilidad durante la rehabilitación sería mucho menor que si se realizara a posteriori.
La figura 2 nos muestra en cada barrio el porcentaje de edificios que necesitarían una rehabilitación para conseguir un buen estado de conservación [3]

Figura 2. Porcentaje de edificios en mal estado de conservación por barrios.



La eficacia de las acciones aumenta si las actuaciones están encaminadas hacia los edificios que se encuentran en peor estado energético, ya que para una inversión económica prácticamente similar se obtienen reducciones de pérdidas energéticas mucho más significativas y, por tanto, hay una mayor reducción global del consumo de energía y de las emisiones.

4.2. La rehabilitación de edificios en función de su tipología y estado actual

En este apartado se muestra un estudio de diferentes tipologías edificatorias, en función de sus características constructivas y situación dentro de la trama urbana. Todas ellas corresponden a casos en Madrid, pero puede extrapolarse a muchas de las ciudades españolas
Se ha evaluado el comportamiento energético del edificio, en el estado actual, y los posibles ahorros pasivos tras las actuaciones de rehabilitación energética.

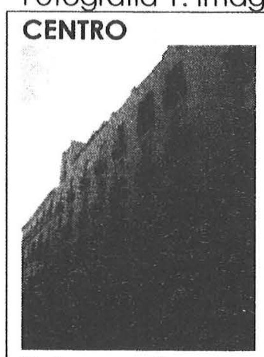
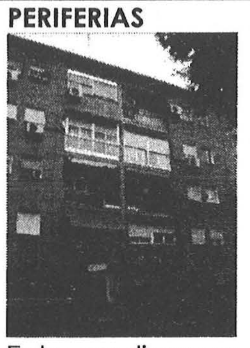
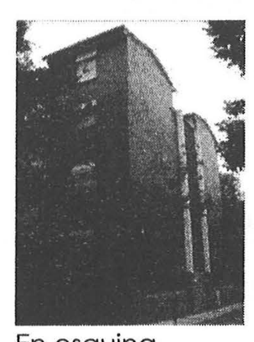
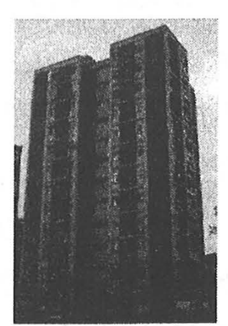
Tabla 3. Cuadro comparativo de transmitancias (en W/m²K)

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	Anterior a NBE-CT-79 Caso más desfavorable	Anterior a NBE-CT-79 Caso tipo	Anterior a NBE-CT-79 VPO	NBE-CT-79	CTE-DB-HE1 2007
Muros	2,8	1,9	1,4	1,2	0,66
Cubiertas	2,0	1,7	1,4 -1,85[1)]	0,9	0,38
Suelos	2,3	1,8	1,4	0,8	0,49
Huecos	5,0	5,0	5,0	3,5	2,9[2)]

[1)] 1,4 para cubierta plana y 1,85 para cubierta inclinada [2)] Valor medio

La situación de cada edificio respecto al consumo energético es consecuencia, entre otros parámetros, de las diferentes tipologías constructivas y, como se ha dicho anteriormente, de las normativas vigentes durante su época de construcción. Por tanto, es muy importante tener en cuenta estas condiciones de partida, ya que en función de lo anterior el grado de eficacia de las actuaciones varía considerablemente:

Fotografía 1. Imágenes de edificios característicos de las zonas estudiadas

CENTRO	PERIFERIAS		
			
Entre medianeras	Entre medianeras	En esquina	Edificio torre

5. Reducción del consumo energético y repercusión económica

5.1 Reducción del consumo energético

Como hemos comentado anteriormente, y refiriéndonos al comportamiento térmico de la envolvente, no todas las viviendas parten de las mismas condiciones constructivas. Tras la comparación de los datos obtenidos en el estudio podemos afirmar que la eficacia de las acciones aumentará si las actuaciones están encaminadas hacia los edificios que se encuentran en peor estado energético.

Gran parte de estos edificios han sido construidos antes de la NBE-CT-79 y presentan unas condiciones bastante desfavorables en términos energéticos. Las actuaciones deberían ir encaminadas, en primer lugar, a mejorar las condiciones de estas construcciones.

En general, el elemento con mayor peso relativo en el ahorro energético es el muro y en algunos casos el ahorro, si se mejora energéticamente dicho elemento, puede llegar a superar el 70% del total posible. También se puede observar que, actuando únicamente en la envolvente del edificio, podemos conseguir entre un 35-70 % de reducción de pérdidas totales:

Tabla 4. Valoración de medidas pasivas - Mejora de la envolvente para cumplir el CTE-DB–HE 1

TIPO DE EDIFICIO DE VIVIENDA	AHORROS %
EDIFICIOS DEL CENTRO DE MADRID	
Anterior a NBE-CT-79	60,04
NBE-CT-79	36,92
Caso real	41,64
Caso más desfavorable anterior NBE-CT-79	69,00
Anterior a NBE-CT-79. Protección Oficial	56,85
EDIFICIOS DE LA PERIFERIA DE MADRID	
Entre medianeras	
Anterior a NBE-CT-79	61,14
NBE-CT-79	40,02

Caso más desfavorable anterior NBE-CT-79	69,34
Anterior NBE-CT-79. Protección Oficial	53,09
En esquina	
Anterior a NBE-CT-79	61,21
NBE-CT-79	40,16
Caso más desfavorable anterior NBE-CT-79	69,51
Anterior NBE-CT-79.Protección Oficial	53,03
Torre (7 plantas)	
Anterior a NBE-CT-79	59,70
NBE-CT-79	40,85
Caso más desfavorable anterior NBE-CT-79	69,41
Anterior NBE-CT-79.Protección Oficial	50,24

5.2 Repercusión económica

Para poder estudiar la repercusión económica de estas intervenciones y su "eficacia energética" vamos a realizar varios supuestos que se aproximen a casos reales de rehabilitación para este tipo de edificaciones.

De esta manera se pretende establecer una comparación para ver qué ocurriría en los distintos muros, suponiendo que los aislamos exteriormente con un sistema compuesto por: aislamiento EPS tipo IV + malla de fibra de vidrio + revoco + pintura. En la tabla 5 se puede apreciar la disminución de la transmitancia, y por tanto del consumo y la contaminación derivada, y el coste por m² para adecuar cada uno de estos muros al CTE-DB-HE1 (5)

Tabla 5. Cuadro comparativo de muros

Tipo de vivienda	U_M Actual (W/m²K)	U_{Mlim} Exigido (W/m²K)	Espesor Aislam. (cm)	Coste del Sistema Aislam. (€/m²)	Increm coste (%)	Ahorro Pérdidas (%)
Viviendas peores de la periferia	2,80	0,66	5	76,20	3	76,43
Viviendas medias de la periferia. Anteriores al año 1979	1,90	0,66	4	75,10	1	66,66
Viviendas de Protección Oficial. Anteriores al año 1979	1,40*	0,66	3	74,00	0	52,90
Viviendas que cumplan la NBE-CT-79	1,20*	0,66	3	74,00	0	45,00
Viviendas que cumplan el CTE-DB-HE1. A partir del año 2007	0,66*	0,66	-	-	-	-

* Valor exigido por la normativa

De la tabla anterior podemos obtener la conclusión de que **es más eficaz, energéticamente hablando, actuar sobre la envolvente de los edificios que se encuentran en peores condiciones, con un incremento mínimo en el coste de la intervención**.
De la misma manera, si comparamos lo que ocurre con los distintos vidrios, suponiendo que los sustituimos por un vidrio de doble acristalamiento tipo 4.12.4, obtenemos los siguientes datos:

Tabla 6. Cuadro comparativo de huecos

TIPO DE VIVIENDA	**Vidrio Actual** (mm)	**U_{Huecos} Actual** (W/m^2K)	**U_{lim} medio exigido** (W/m^2K)	**Vidrio Nuevo** (mm)	**Increm coste** (%)	**Ahorro pérdidas** (%)
Viviendas peores de la periferia	5	5,0	2,9	4.12.4	=	42,00
Viviendas medias de la periferia. Anteriores al año 1979	5	5,0	2,9	4.12.4	=	42,00
Viviendas de Protección Oficial. Anteriores al año 1979	6	5,0	2,9	4.12.4	=	42,00
Viviendas que cumplan la NBE-CT-79	4.6.4	3,5	2,9	4.12.4	=	17,20
Viviendas que cumplan el CTE-DB-HE1. A partir del año 2007	4.12.4	2,9*	2,9	4.12.4	=	-

* Valor exigido por la normativa

Comprobamos, según la tabla anterior, que **a igual inversión económica en la sustitución de vidrios, la eficacia de las acciones es mayor cuanto peor sea el vidrio**.
Como conclusión puede afirmarse que la eficacia de mejorar energéticamente los muros de los edificios que se encuentran en peores condiciones, tiene un efecto mucho mayor, respecto al ahorro energético, con costes idénticos o muy ligeramente superiores.
En todos los casos analizados **la inversión económica debido a la adecuación en el muro exterior es mayor que en los demás** elementos constructivos, entre otras causas por que la superficie de este elemento constructivo es mayor que la del resto de elementos que conforman la envolvente en los edificios analizados.
Por ejemplo, en un edificio en torre de periferias puede representar casi un 80 % de la inversión total:

Figura 3. Reducción de pérdidas por rehabilitación de la envolvente (W/K). Inversión económica

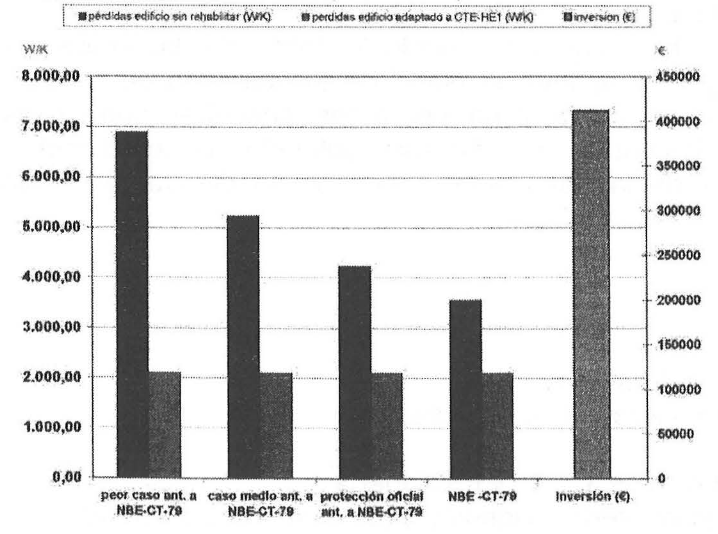
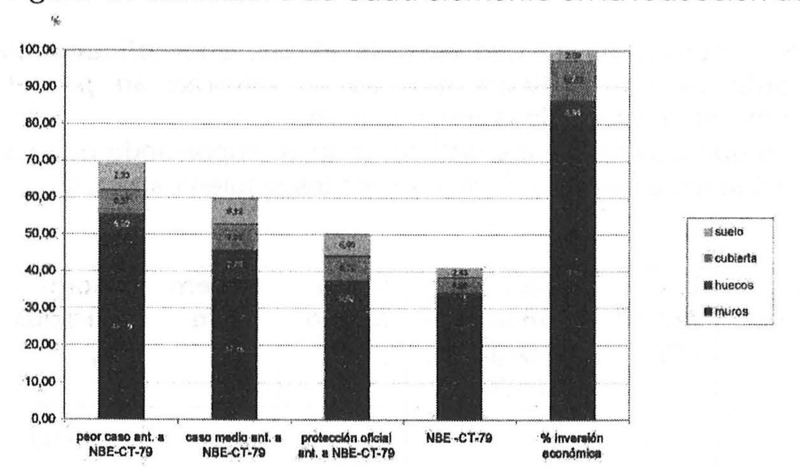


Figura 4. Peso relativo de cada elemento en la reducción de pérdidas. Inversión económica



6. Estado actual de la cuestión

Actualmente el programa está aprobado y todos los datos referentes al mismo, así como la descarga de las herramientas necesarias para su aplicación están, a disposición de los interesados, en la página Web de la Empresa Municipal de la vivienda y Suelo de Madrid (EMVS) (4)

6.1 La ficha de evaluación

La ficha de evaluación tiene formato de tabla Excel y se estructura en varios apartados: mejora de la envolvente, tipos de muros, tipos de suelos, tipos de cubierta, tipos de carpintería, espesores equivalentes de aislante, orientaciones según el CTE y resumen de la propuesta de actuación.
El primer apartado se refiere a actuaciones encaminadas a la mejora de la envolvente, concretamente a los cerramientos opacos (fachadas, cubiertas y suelos) y a huecos (carpintería-vidrio). La ficha evalúa tres escenarios posibles, de tal forma que se puede comprobar la eficacia de las actuaciones sobre cada elemento y se pueden comparar los distintos estados del mismo respecto al ahorro energético:

- Estado actual del edificio,
- Las actuaciones mínimas para cumplir las exigencias del Código Técnico de la Edificación
- Las actuaciones previstas por el técnico.

Se recomienda mejorar lo establecido por el CTE, pues con pequeñas diferencias económicas se mejoran considerablemente las condiciones globales del edificio.
Su uso es muy sencillo, ya que únicamente hay que introducir datos de superficies y transmitancias de los distintos elementos que componen el edificio y los cálculos se realizan automáticamente. En los apartados siguientes de la ficha podremos encontrar numerosas tipologías constructivas de los distintos elementos, que se han obtenido de los estudios anteriormente mencionados, donde el valor de la transmitancia se obtiene directamente, sin cálculos previos.

6.2 Actuaciones subvencionables

Las actuaciones subvencionables se dividen en tres tipos:
a) **Medidas pasivas**: actuaciones en la envolvente térmica del edificio.
- Aislamiento de cubierta.
- Aislamiento de muros de fachadas (principales, patios y medianerías).
- Aislamiento de los huecos de fachada (carpinterías, vidrios y otros elementos de cierre).

- Aislamiento de suelos.

b) **Medidas activas**, actuaciones para la renovación, adecuación o implantación de instalaciones:

- Instalación de sistema solar para la producción de agua caliente sanitaria (ACS).
- Instalación de sistemas de iluminación en zonas comunes que incluyan detectores de presencia, control de luminosidad y zonificación adecuada de circuitos.
- Dotación de alumbrado de bajo consumo en viviendas.
- Sustitución de aparatos elevadores tradicionales por otros de bajo consumo energético.
- Instalación o sustitución de calderas individuales de producción de calefacción y ACS por calderas individuales de condensación.
- Instalación o sustitución de calderas centralizadas de producción de calefacción y ACS por calderas de alta eficiencia energética.
- Dotación de sistemas de ahorro de agua en viviendas; instalación de aireadores en griferías, reductores de presión y cisternas de doble descarga.
- Otras instalaciones o medidas complementarias que contribuyan a la consecución del objeto de esta convocatoria, que deberán ser aceptadas por el órgano instructor.

C) **Otras medidas**: mejora de la imagen urbana y mejora del aislamiento acústico

- Mejora de la imagen urbana: modificación de huecos, ritmos, tratamientos o materiales, sustitución de elementos de cierre, implantación de elementos fijos, eliminación de elementos inadecuados en fachada

- Mejora del aislamiento acústico: restauración de la carpintería existente, incluso sustitución del acristalamiento, sustitución de carpintería de balcones y/o ventanas, incluyendo en su caso la sustitución de persianas u otros elementos de cierre, instalación de doble carpintería.

Una vez elaborada la ficha de evaluación, la actuación en el aislamiento de la envolvente (medidas pasivas), se considera obligatoria cuando la relación entre el valor de la transmitancia de la envolvente térmica del edificio, aplicando las exigencias mínimas establecidas para sus componentes en el documento HE 1 del Código Técnico de la Edificación, y los valores de la transmitancia actual no alcance un porcentaje del 60%. Si aplicando el criterio establecido en el punto anterior la actuación en medidas pasivas se considerara obligatoria, la intervención mínima exigible sería aquella que alcanzara, como mínimo, un 5% de reducción de los valores de la transmitancia total de la envolvente térmica del edificio.

6.3 Seguimiento del programa

El programa de ayudas fue aprobado a través del *Decreto 3043, de 4 de septiembre de 2008, de la Delegada del Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda, por el que se aprueba la convocatoria de subvenciones con destino a actuaciones de rehabilitación para la mejora de la sostenibilidad y eficiencia energética de las edificaciones.*
El plazo para la presentación de solicitudes finalizará el 31 de agosto de 2011.
Actualmente hay expedientes tramitados, correspondientes a 40 viviendas, y en fase de tramitación (200 viviendas)
La difusión del programa de ayudas se está realizando mediante la distribución de folletos informativos a los usuarios de las viviendas (buzoneo). Actualmente se ha repartido información a unos 20.000 edificios ubicados en el ámbito de aplicación. También se han realizado comunicaciones y jornadas informativas destinadas a administradores de fincas, la Federación Regional de Asociaciones de Vecinos de Madrid, asociaciones de empresas especializadas, empresas constructoras y comunidades de propietarios interesadas en obras derivadas de las ITEs.

Figura 5. Folleto divulgativo de las ayudas

7. CITAS

(1) Tabla elaborada a partir de datos obtenidos de la Guía de la Eficiencia Energética para Administradores de Fincas, de Albert Cuchí y Gerardo Wadel

(2) Elaboración propia a partir de datos del Instituto de Estadística de la Comunidad Autónoma de Madrid

(3) Datos referentes al estado de conservación de los edificios del Censo de Población y Vivienda de 2001, Instituto Nacional de Estadística.

(4) Toda la información se puede descargar en la página Web de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid: http://www.emvs.es/Webs/Rehabilitacion/sostenibilidad.html

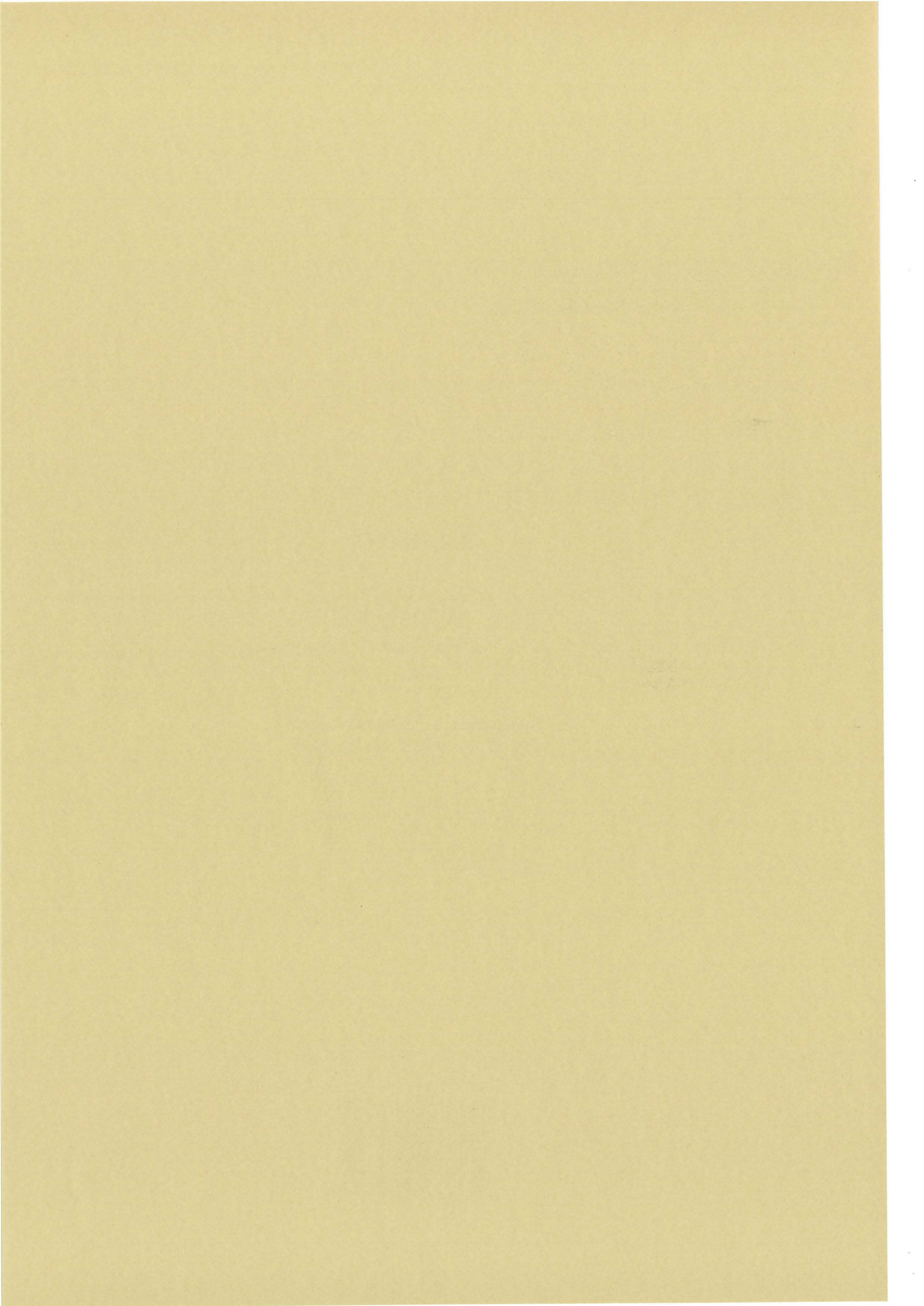
(5) Los precios son los de mercado en enero de 2008

8. BIBLIOGRAFÍA

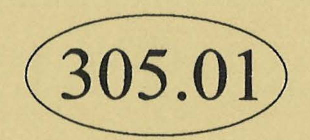
- DE LUXÁN, Margarita et al. Estudio de las posibilidades de actuación con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación privada de viviendas en Madrid. Aplicación para los barrios de Hortaleza, Jacinto Benavente y Sector 1 de Lavapiés. Encargo de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo. Madrid, 2004

- DE LUXÁN, Margarita et al. Estudio de las posibilidades de actuación con criterios de sostenibilidad en los barrios periféricos de Madrid: Ciudad de los Ángeles, San Cristóbal de los Ángeles, Barajas, Ciudad Pegaso y Nuestra Señora de Loreto. Encargo de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo. Madrid, 2006

- DE LUXÁN, Margarita et al. Estudio de criterios y procedimiento adecuado para la ejecución de programas de adecuación arquitectónica para la integración de medidas de sostenibilidad y accesibilidad en la rehabilitación de edificios de las áreas del Centro de Madrid. Encargo de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo. Madrid, 2006



CUADERNO



Cuadernos.ijh@gmail.com
info@mairea-libros.com

